



TESIS – TI42307

***HYBRID SIMULATED ANNEALING VARIABLE
NEIGHBOURHOOD SEARCH UNTUK
PERMASALAHAN VEHICLE ROUTING PROBLEM
WITH TIME WINDOWS (STUDI KASUS : PT.
JOYFUL TRANS)***

DANU YUDHI PRASONO
2513203203

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Ir. BUDI SANTOSA, M.S., Ph.D.
Prof. Ir. I NYOMAN PUJAWAN, M.Eng., Ph.D. CSCP

PROGRAM MAGISTER
MANAJEMEN LOGISTIK DAN RANTAI PASOK
JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016



THESIS – TI42307

**HYBRID SIMULATED ANNEALING VARIABLE
NEIGHBOURHOOD SEARCH FOR VEHICLE
ROUTING PROBLEM WITH TIME WINDOWS
(CASE STUDY : PT. JOYFUL TRANS)**

DANU YUDHI PRASONO
2513203203

SUPERVISOR

Prof. Ir. BUDI SANTOSA, M.S., Ph.D.

Prof. Ir. I NYOMAN PUJAWAN, M.Eng., Ph.D. CSCP

MAGISTER PROGRAM

SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING

FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY

SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY

SURABAYA

2016

**HYBRID SIMULATED ANNEALING VARIABLE NEIGHBOURHOOD
SEARCH UNTUK PERMASALAHAN VEHICLE ROUTING PROBLEM
WITH TIME WINDOWS (STUDI KASUS: PT. JOYFUL TRANS)**

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

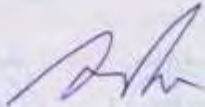
Oleh :

DANU YUDHI PRASONO
NRP. 2513 203 203

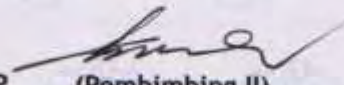
Tanggal Ujian : 11 Januari 2016
Periode Wisuda : Maret 2016

Disetujui oleh Tim Penguji Tesis:

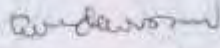
1. Prof. Ir. Budi Santosa, M.S., Ph.D.
NIP. 19690512 199402 1 001


(Pembimbing I)

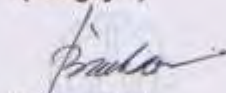
2. Prof. Ir. I Nyoman Pujawan, M.Eng. Ph.D. CSCP
NIP. 19690107 199412 1 001


(Pembimbing II)

3. Erwin Widodo, S.T., M.Eng., Dr.Eng
NIP. 19740517 199903 1 002

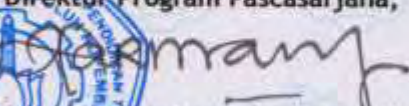

(Penguji I)

4. Dr. Imam Baihaqi, S.T., M.Sc.
NIP. 19700721 199702 1 001


(Penguji II)



Direktur Program Pascasarjana,


Prof. Ir. Djaubar Manfaat, M.Sc., Ph.D.
NIP. 19601202 198701 1 001

HYBRID SIMULATED ANNEALING VARIABLE NEIGHBOURHOOD SEARCH UNTUK PERMASALAHAN VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH TIME WINDOWS (STUDI KASUS : PT. JOYFUL TRANS)

Nama Mahasiswa : Danu Yudhi Prasono
NRP : 2513 203 203
Pembimbing : Prof. Ir. Budi Santosa, M.S., Ph.D.
Ko-Pembimbing : Prof. Ir. I Nyoman Pujawan, M.Eng., Ph.D. CSCP

ABSTRAK

Permasalahan transportasi saat ini semakin meningkat dan memberikan dampak yang cukup besar pada konsumsi sumber daya untuk dijadikan sebagai fasilitas utama dan pendukung. Moda transportasi darat berupa perusahaan *travel* di Indonesia memiliki permasalahan yang cukup kompleks dan termasuk dalam permasalahan NP-hard. Sejauh yang peneliti ketahui belum ada penelitian mengenai *hybridizing Simulated Annealing* (SA) dengan *Variable Neighbourhood Search* (VNS) untuk permasalahan *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW). Tesis ini menggabungkan *Simulated Annealing* (SA) dengan *Variable Neighbourhood Search* (VNS) menjadi algoritma SAVNS dengan harapan menghasilkan solusi yang cepat dan stabil (*steady state*). Penggunaan mekanisme *local search* pada VNS ke dalam algoritma SA menghasilkan algoritma yang baru dalam bidang keilmuan untuk menyelesaikan permasalahan VRPTW. Hasil algoritma diuji pada studi kasus pada perusahaan *travel* di PT. JOYFUL TRANS. Ukuran kinerja yang digunakan pada tesis ini adalah biaya dan rute optimal dengan jarak terpendek yang dihasilkan. Solusi akhir dari penelitian ini memberikan solusi rata-rata waktu komputasi sekitar 1,11 detik dan tingkat penghematan biaya sekitar 11,36% untuk permasalahan 8 titik. Sedangkan, permasalahan 14 titik memberikan hasil dengan rata-rata waktu komputasi sekitar 84,8 detik dan tingkat penghematan biaya sekitar 22,42%.

Kata kunci: *Simulated Annealing, Variable Neighbourhood Search, Vehicle Routing Problem with Time Windows*



HYBRID SIMULATED ANNEALING VARIABLE NEIGHBOURHOOD SEARCH FOR VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH TIME WINDOWS (CASE STUDY: PT. JOYFUL TRANS)

Name : Danu Yudhi Prasono
NRP : 2513 203 203
Supervisor : Prof. Ir. Budi Santosa, M.S., Ph.D.
Co-Supervisor : Prof. Ir. I Nyoman Pujawan, M.Eng., Ph.D. CSCP

ABSTRACT

Nowadays, transportation problem is going to rise up and give enough big effect to consumption of resource for making it as a major and support facility. Land transportation modes such as travel and transportation agents in Indonesia have a quite complex problem and that belongs to NP-hard problem. As far as researcher's knowledge, there are no such research about hybridizing Simulated Annealing (SA) with Variable Neighbourhood Search (VNS) for Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW). This dissertation combine Simulated Annealing (SA) with Variable Neighbourhood Search (VNS) to a new algorithm that is called SAVNS, in order to obtain fast and steady state solution. The use of VNS local search mechanism in SA algorithm produce a new approachment in scientific to solve VRPTW case study. The output of the algorithm is going to be tested in case study of PT. JOYFUL TRANS travel agent. The use of performance measurement in this dissertation are minimum cost and shortest route with optimal solution. The final result for this research make solution with average computational time around 1,11 seconds and cost reduction rate around 11,36% for eight nodes problem. However, fourteen nodes problem give a result with average computational time around 84,8 seconds and cost reduction rate around 22,42%.

Keyword : Simulated Annealing, Variable Neighbourhood Search, Vehicle Routing Problem with Time Windows

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur Penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan Tesis dengan lancar. Tak lupa shalawat berserta salam Penulis haturkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW, selama pembuatan Tesis ini penulis telah menerima banyak bantuan, dukungan serta masukan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini Penulis akan mengucapkan terima kasih kepada :

1. BoNyok tercinta yaitu Ir. Suharsono & dr. Sofiana, serta kepada brother n sista tersayang Hendy Dwi Harfianto & Nita Vania Juliana. Serta seluruh keluarga besar yang telah memberikan dukungan do'a, moril serta materiil.
2. Bapak Prof. Ir. Budi Santosa, M.S., Ph.D dan bapak Prof. Ir. I Nyoman Pujawan, M.Eng., Ph.D. CSCP selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu dan sabar dalam memberikan pengarahan dan pengetahuan selama proses pengerjaan Tesis ini.
3. Bapak Prof. Ir. Suparno, M.S.I.E., Ph.D., Bapak Dr. Eng. Ahmad Rusdiansyah, S.T., M.Eng. CSCP, Bapak Dr.Eng. Erwin Widodo, S.T., M.Eng., Bapak Imam Baihaqi, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku dosen penguji seminar proposal dan sidang tesis atas masukan dan saran yang telah diberikan untuk menjadikan Tesis ini lebih baik.
4. Bapak Prof. Ir. I Nyoman Pujawan, M.Eng., Ph.D. CSCP selaku Ketua Jurusan Pasca Sarjana Teknik Industri ITS.
5. Seluruh dosen pengajar dan karyawan di Jurusan Teknik Industri ITS yang telah memberikan ilmu dan layanan fasilitas selama menempuh pendidikan.
6. Teruntuk seseorang yang spesial Herlinda Citra Mutiara, S.Ked. yang telah memberikan dukungan hingga saat ini.
7. Kepada para tim senasib sepenanggungan **“Keluarga cecunguk dan tuan muda”** yaitu **M. Isnaini Hadiyul Umam** (Senasib), **Agung K. Henaulu** (Ambon Manise), bapak kades **Akhmad Nidhomuzaman**, **Bagus Naufal Fitroni** (Pemeran Pengganti), **Fradana Febriantoni Afsoh** (Cangkruker),

Hendra Saputra (Misterius) serta pace **Sony Ardhian** (Si Sibuk) yang telah menjadi keluarga selalu berbagi dan saling menguatkan, bersama-sama melalui suka dan duka dalam menjalani pendidikan ini.

8. Teman-teman Genk TI 2013 genap, **Ratih Pamelawati** (Tertua), **Prita Meilanitasari** (*Mooder*), **Ika Widya Ardhyani** (Ketua Kelas), **Della Ginza Ramadhan** (Cabe Rawit), **Sofiya Nurriyanti** (Wanita Tangguh).

9. Senior-senior dan junior-junior, teman-teman mahasiswa S2 TI ITS yang telah bersama-sama menghuni residensi.

10. Keluarga besar kos Jl. ARH no.28, Eyang laki & Eyang putri, Cak Wondo (Depot Malaysia Owner), Adnan Gigih Prabowo & Zulian Akbar (Tetangga Kok Gitu Sih).

11. Pihak-pihak lain yang penulis tidak bisa sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa di dalam penulisan laporan ini, masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mohon maaf atas segala kekurangan yang ada. Semoga laporan ini dapat memberikan banyak masukan maupun inspirasi bagi ilmu pengetahuan ke depannya. Terima Kasih.

Surabaya, Januari
2016

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 <i>Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW)</i>	7
2.1.1 Formulasi <i>Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW)</i>	9
2.1.2 Notasi dan Keterangan Formulasi <i>Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW)</i>	10
2.1.3 <i>Soft Time Windows</i>	11
2.2 <i>Simmulated Annealing (SA)</i>	12
2.3 <i>Variable Neighbourhood Search (VNS)</i>	15
2.4 Posisi Penelitian	19
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Studi Literatur	22

3.2	Studi Lapangan	22
3.3	Pengembangan Model Matematis untuk VRPTW	22
3.4	Pengembangan Algoritma <i>Simulated Annealing</i> dan <i>Variable Neighbourhood Search</i> untuk VRPTW	23
3.5	Validasi Algoritma	28
3.6	Eksperimen	29
3.7	Pembahasan dan Analisa	29
3.8	Kesimpulan dan Penelitian Lanjutan	29
BAB 4 DESKRIPSI MODEL		31
4.1	Gambaran Umum PT. JOYFUL TRANS	31
4.1.1	Profil Perusahaan	31
4.1.2	Sejarah Perusahaan	32
4.1.3	Permasalahan PT. JOYFUL TRANS	33
4.2	Model Permasalahan <i>Vehicle Routing Problem with Soft Time Windows</i>	33
4.3	Algoritma <i>Simulated Annealing</i> dan <i>Variable Neighbourhood Search</i> (SAVNS) untuk <i>Vehicle Routing Problem with Soft Time Windows</i> (VRPSTW)	35
4.4	Ilustrasi Penyelesaian Permasalahan <i>Vehicle Routing Problem with Soft Time Windows</i> (VRPSTW) Menggunakan SAVNS (<i>Simulated Annealing</i> dan <i>Variable Neighbourhood Search</i>)	36
BAB 5 EKSPERIMEN DAN ANALISIS		41
5.1	Data Primer	41
5.2	Eksperimen	42
5.2.1	Validasi Algoritma	42
5.2.2	Penentuan Parameter	43
5.2.3	Hasil Eksperimen	51
5.3	Analisis	54
5.3.1	Analisis Performansi pada 8 Titik (L300)	54
5.3.2	Analisis Performansi pada 14 Titik (ELF)	55

5.3.3	Analisis <i>Time Windows</i>	56
5.3.4	Analisis Biaya	56
BAB 6 KESIMPULAN DAN PENELITIAN LANJUTAN		59
6.1	Kesimpulan	59
6.2	Penelitian Lanjutan	60
DAFTAR PUSTAKA		61
LAMPIRAN		63
BIODATA PENULIS		115

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kendaraan dengan <i>Fixed Compartments</i> untuk Distribusi Minyak	8
Gambar 2.2 Kendaraan dengan <i>Flexible Compartments</i> untuk Distribusi Makanan.....	8
Gambar 2.3 Visualisasi Permasalahan <i>Vehicle Routing Problem</i> (VRP)	9
Gambar 2.4 Algoritma <i>Simulated Annealing</i>	14
Gambar 2.5 <i>Variable Neighbourhood Descent</i>	16
Gambar 2.6 <i>Reduced Variable Neighbourhood Search Variable Neighbourhood Descent</i>	17
Gambar 2.7 <i>Basic Variable Neighbourhood Search Variable Neighbourhood Descent</i>	18
Gambar 2.8 Algoritma <i>VNS Variable Neighbourhood Descent</i>	18
Gambar 2.9 Generalisasi <i>Vehicle Routing Problem</i>	19
Gambar 2.10 Algoritma VNSR	20
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian	21
Gambar 3.2 <i>Flowchart Hybridizing Simulated Annealing</i> dengan <i>Variable Neighbourhood Search</i>	24
Gambar 3.3 Ilustrasi Nilai Random untuk Bangkitkan Solusi Awal	26
Gambar 3.4 Ilustrasi Mekanisme <i>Shake</i>	27
Gambar 4.1 <i>Pseudocode</i> Algoritma SAVNS untuk Permasalahan VRPTW	36

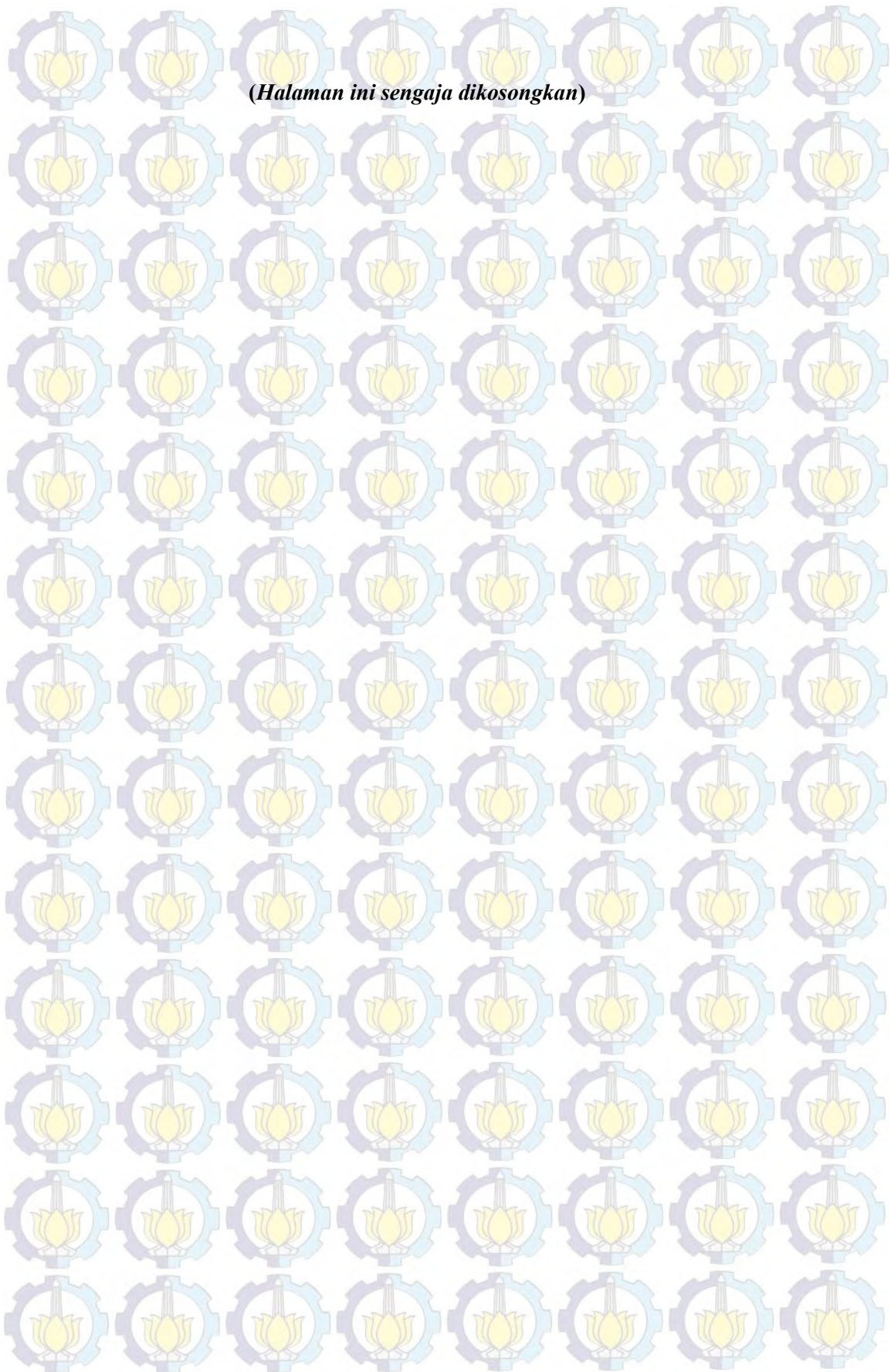
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Fokus Penelitian.....	19
Tabel 5.1 Data Primer.....	41
Tabel 5.2 Contoh Kasus TSP 5 Kota.....	42
Tabel 5.3 Solusi Optimal Hasil Enumerasi Algoritma Pembandingan dan Solusi SAVNS.....	43
Tabel 5.4 Hasil Penentuan Parameter cr dan T pada 8 titik (L300).....	44
Tabel 5.5 Hasil Penentuan Parameter Maxit dan n pada 8 Titik (L300).....	45
Tabel 5.6 Hasil Penentuan Parameter N pada 8 Titik (L300).....	47
Tabel 5.7 Parameter yang Digunakan pada 8 Titik (L300).....	47
Tabel 5.8 Hasil Penentuan Parameter cr dan T pada 14 Titik (ELF).....	48
Tabel 5.9 Hasil Penentuan Parameter Maxit dan n pada 14 Titik (ELF).....	49
Tabel 5.10 Hasil Penentuan Parameter N dan P pada 14 Titik (ELF).....	50
Tabel 5.11 Parameter yang Digunakan pada 14 Titik (ELF).....	51
Tabel 5.12 Hasil Pengujian pada 8 Titik (L300-A01).....	52
Tabel 5.13 Hasil Pengujian pada 8 Titik (L300-A02).....	52
Tabel 5.14 Hasil Pengujian pada 14 Titik (ELF-A01).....	53
Tabel 5.15 Hasil Pengujian pada 14 Titik (ELF-A02).....	54
Tabel 5.16 Solusi Terbaik pada 8 Titik (L300-A01).....	56
Tabel 5.17 Solusi Terbaik pada 8 Titik (L300-A02).....	57
Tabel 5.18 Solusi Terbaik pada 14 Titik (ELF-A01).....	57
Tabel 5.19 Solusi Terbaik pada 14 Titik (ELF-A02).....	57



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran Code MATLAB Algoritma SAVNS	63
Lampiran Data Set	69
Lampiran Informasi Alamat Konsumen	74
Lampiran Perhitungan Set Parameter	75



BAB 1

PENDAHULUAN

Bab pendahuluan ini berisi tentang hal-hal yang mendasari dilakukannya penelitian serta pengidentifikasian permasalahan yang akan diteliti.

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri saat ini semakin meningkat dan memberikan dampak yang cukup besar kepada konsumsi sumber daya untuk dijadikan sebagai fasilitas utama dan pendukung. Menurut Ortúzar & Willumsen (2011), permasalahan transportasi meliputi kekurangan bahan bakar (tidak terlalu sering namun fatal), keterlambatan, kecelakaan atau permasalahan lingkungan diluar perkiraan. Permasalahan transportasi tersebut dialami pada perusahaan *travel*. Perusahaan *travel* adalah biro atau badan usaha yang bergerak dalam bidang usaha perjalanan sebagai pelaku bisnis dan bertujuan memberikan informasi tentang dunia perjalanan baik transportasi antar kota maupun wisata. PT. JOYFUL TRANS adalah perusahaan *travel* yang bergerak dalam bidang transportasi antar kota dan bersaing dalam permasalahan kepercayaan pelanggannya yaitu permasalahan waktu pelayanan. Oleh karena itu, pengoptimalan sebuah rute dan pengaturan proses distribusi diperlukan untuk menghasilkan performansi yang efektif dan mereduksi biaya *traversing cost*.

Berdasarkan pemaparan diatas, permasalahan yang dibahas termasuk ke dalam *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW). VRPTW adalah salah satu jenis permasalahan dari VRP yaitu permasalahan *NonPolynomial-hard*. VRPTW adalah perluasan dari permasalahan *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) yang memiliki batasan masalah berupa *time windows* dan *compartment* pada kapasitas kendaraan. Tujuan dari VRPTW adalah meminimasi total biaya pengiriman ke banyak rute sesuai batasan permasalahan, yaitu tidak melebihi ukuran kapasitas yang

disediakan untuk tiap-tiap kompartemen dengan mempertimbangkan rentang waktu perjalanan.

Penelitian menggunakan dua metode *meta-heuristic* untuk menyelesaikan permasalahan *Vehicle Routing Problem* (VRP) sudah banyak digunakan. Lin, et al., (2009) meneliti tentang *Hybridizing Simulated Annealing* (SA) dengan *Tabu Search* (TS) untuk permasalahan *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) yang mana algoritma SA menggunakan karakteristik dari TS pada pembangkitan solusi awal. Pada penelitian Baños, et al., (2013), berhasil mengkombinasikan *a Multi-start Multi-objective Evolutionary Algorithm* dengan *Simulated Annealing* (MMOEASA) untuk menyelesaikan permasalahan *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW). Penelitian tersebut meneliti tentang jumlah konsumen dan kompleksitas data yang berubah-ubah, oleh karena itu *Simulated Annealing* (SA) mampu mencari solusi dengan kualitas tinggi dalam waktu yang terbatas. Belhaiza, et al., (2014) meneliti tentang *Hybridizing Tabu Search* (TS) dan *Variable Neighbourhood Search* (VNS) pada permasalahan VRPTW.

Penelitian yang membahas tentang *hybrid Simulated Annealing* (SA) dengan VNS untuk kasus *Vehicle Routing Problem* (VRP) masih tergolong sedikit. Brito, et al. (2012) mengusulkan pendekatan algoritma SA dengan *Variable Neighbourhood Search* (VNS) untuk permasalahan *Timetabling* di sekolah menengah. Pada penelitian mereka, algoritma SA digunakan untuk membangkitkan solusi awal dimana pada akhirnya VNS digunakan untuk menghadirkan *local search* sekitar solusi dibangkitkan oleh SA. Abbasi, et al. (2010) mengusulkan *hybrid* VNS dengan pendekatan SA yang digunakan untuk memkasimumkan fungsi kemungkinan dari *three-parameter* Distribusi Weibull. Dimana SA sangat efektif dalam menyelesaikan permasalahan *hard optimization* seperti Distribusi Weibull dan VNS digunakan menjangkau solusi dengan waktu *running computer* yang lebih pendek. Rodriguez-Cristerna, et al. (2015) melakukan penelitian dengan menggabungkan SA dengan VNS untuk membangun *Mixed Covering Arrays*. Penelitian mereka adalah SA mengadopsi sifat dari VNS yang mana menghadirkan langkah-langkah *local search* untuk memberikan ruang yang luas

juga tidak ada batasan jumlah dalam membangkitkan solusi awal dan VNS mampu keluar dari perangkat *local optimal*.

Dengan demikian VNS diyakini mampu memberikan kontribusi yang baik bagi algoritma metaheuristik. Sejauh yang peneliti ketahui belum ada penelitian mengenai *hybridizing Simulated Annealing* (SA) dengan *Variable Neighbourhood Search* (VNS) untuk permasalahan *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW). Dengan mengintegrasikan VNS diharapkan mampu meningkatkan kinerja *local search* yang lebih efektif dan hasil yang stabil (*steady state*) dalam mencapai nilai yang menyerupai *global optimal*.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan di atas, permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh terhadap solusi yang dihasilkan dalam menyelesaikan permasalahan *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW) pada studi kasus perusahaan *travel* di PT. JOYFUL TRANS menggunakan *Simulated Annealing* (SA) dengan dan tanpa *Variable Neighbourhood Search* (VNS).

1.3 Tujuan Penelitian

Dalam penelitian ini, beberapa tujuan yang ingin dicapai adalah sebagai berikut :

- a. Menghasilkan algoritma baru dengan *hybridizing Simulated Annealing* (SA) dengan *Variable Neighbourhood Search* (VNS) untuk permasalahan *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW).
- b. Menghasilkan solusi optimal atau dekat optimal dengan waktu komputasi yang cepat pada studi kasus perusahaan *travel* di PT. JOYFUL TRANS.

- c. Menghasilkan total biaya yang terkecil pada studi kasus perusahaan *travel* di PT. JOYFUL TRANS.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Pada penelitian ruang lingkup yang dibahas hanya berfokus pada :

- a. *Hybrid* algoritma *Simulated Annealing* (SA) dengan mengadopsi mekanisme *Variable Neighbourhood Search* (VNS) untuk permasalahan *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW).
- b. Algoritma akan diuji untuk permasalahan 8 *customer* di 8 titik dan 14 *customer* di 14 titik pada studi kasus PT. JOYFUL TRANS.
- c. Asumsi pada eksperimen berdasarkan perhitungan titik untuk permasalahan penjemputan konsumen di wilayah kota Surabaya sebelum meninggalkan menuju kota tujuan.

1.5 Manfaat Penelitian

Dalam bidang keilmuan manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah mampu menyelesaikan permasalahan NP-*hard* untuk *small case* atau matriks kecil dan diharapkan mampu menyelesaikan permasalahan untuk *large case* atau matriks besar dengan performansi algoritma yang dapat dibandingkan dengan algoritma lainnya.

1.6 Sistematika Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan sistematika penulisan laporan sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Pendahuluan berisi hal yang mendasari dilakukannya penelitian dan pengidentifikasian masalah penelitian. Bab pendahuluan terdiri dari latar belakang

masalah, perumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka menguraikan teori, temuan, dan bahan penelitian lain yang diperoleh dari acuan untuk dijadikan landasan dalam melakukan kegiatan penelitian.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian menguraikan langkah dalam melakukan penelitian untuk mengembangkan model dan algoritma *Simulated Annealing* (SA) dengan menggunakan pendekatan *Variable Neighbourhood Search* (VNS) untuk permasalahan *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW).

BAB 4 DESKRIPSI MODEL

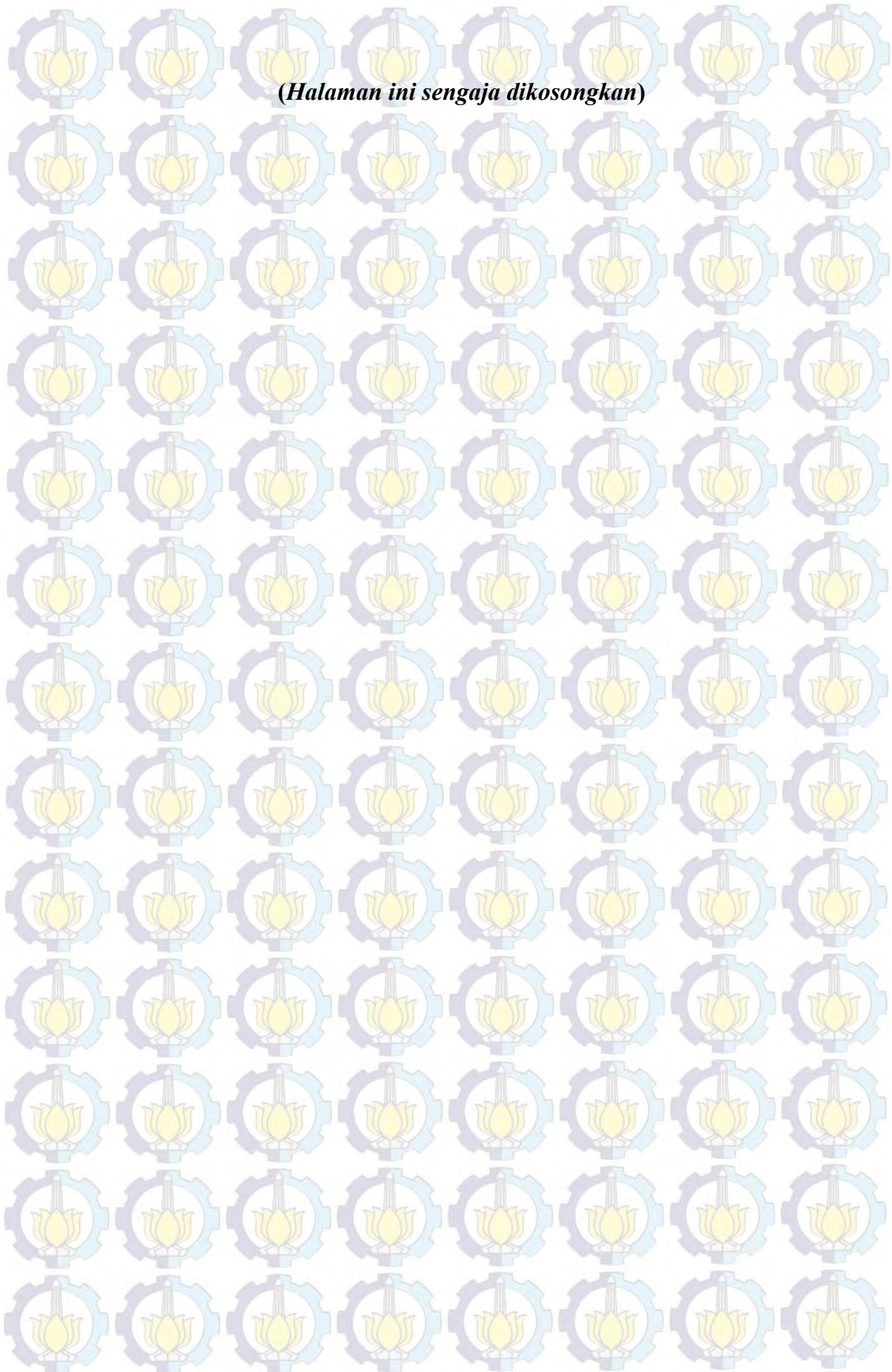
Mengembangkan model dan algoritma *Simulated Annealing* (SA) dengan menggunakan pendekatan *Variable Neighbourhood Search* (VNS) untuk permasalahan *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW) yang mampu menjawab dari perumusan masalah.

BAB 5 EKSPERIMEN DAN ANALISIS

Eksperimen dan analisis menguraikan data yang digunakan, langkah-langkah pengujian performansi algoritma yang diusulkan, serta pembahasan perbandingan performansi antara algoritma usulan *Simulated Annealing Variable Neighbourhood Search* (SAVNS) dan algoritma pembanding yaitu *Simulated Annealing* (SA).

BAB 6 KESIMPULAN DAN PENELITIAN LANJUTAN

Kesimpulan dan saran menjelaskan kesimpulan yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan dan saran yang dapat dijadikan sebagai acuan pengembangan pada penelitian selanjutnya.



BAB 2

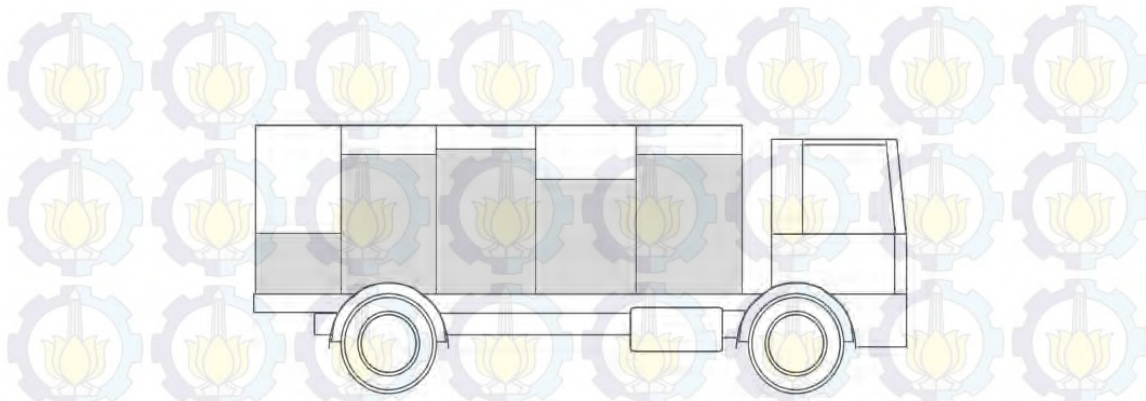
TINJAUAN PUSTAKA

Bab tinjauan pustaka ini menguraikan teori, temuan, dan bahan penelitian lain yang diperoleh untuk dijadikan sebagai landasan dalam melakukan penelitian.

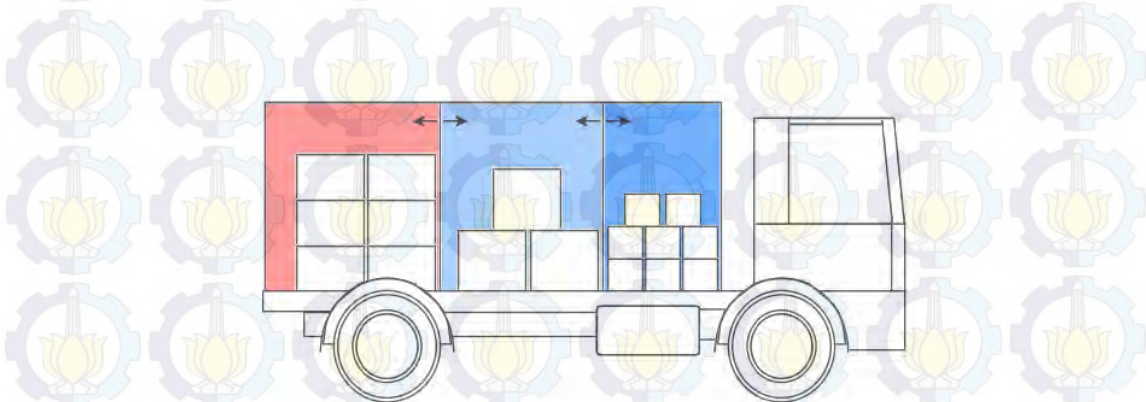
2.1 *Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW)*

Menurut Toth dan Vigo (2002), pengertian VRPTW yaitu perluasan dari *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)*, yang mana batasan permasalahannya berupa kapasitas ditentukan dan masing-masing konsumen i dikaitkan dengan rentang waktu $[a_i, b_i]$. *Time windows* meliputi waktu perjalanan (t_{ij}) ketika kendaraan meninggalkan *depot* untuk masing-masing *arc* $(i, j) \in A$, dan waktu pelayanan (s_i) untuk masing-masing konsumen i . Waktu pelayanan untuk masing-masing konsumen tidak diperkenankan melebihi waktu yang telah ditentukan, dan kendaraan harus berhenti pada lokasi konsumen bertepatan pada waktu mulai pelayanan hingga waktu konsumen selesai dilayani.

Menurut Baldacci, et al. (2008), VRPTW adalah permasalahan rute yang menggunakan armada sama dari kendaraan yang tersedia dan batasan permasalahannya hanya berupa kapasitas kendaraan, rentang waktu spesifik, dan jadwal kedatangan kendaraan yang perlu ditentukan. Gebhard (2012) menjelaskan tentang beberapa jenis kompartemen harus sesuai dengan karakteristik produk yang dimuat dan setiap kompartemen pada kendaraan memiliki kapasitas pembebanan maksimum dan kapasitas total yang tidak boleh dilampaui. Berikut ini beberapa deskripsi jenis kompartemen menurut Gebhard (2012) :

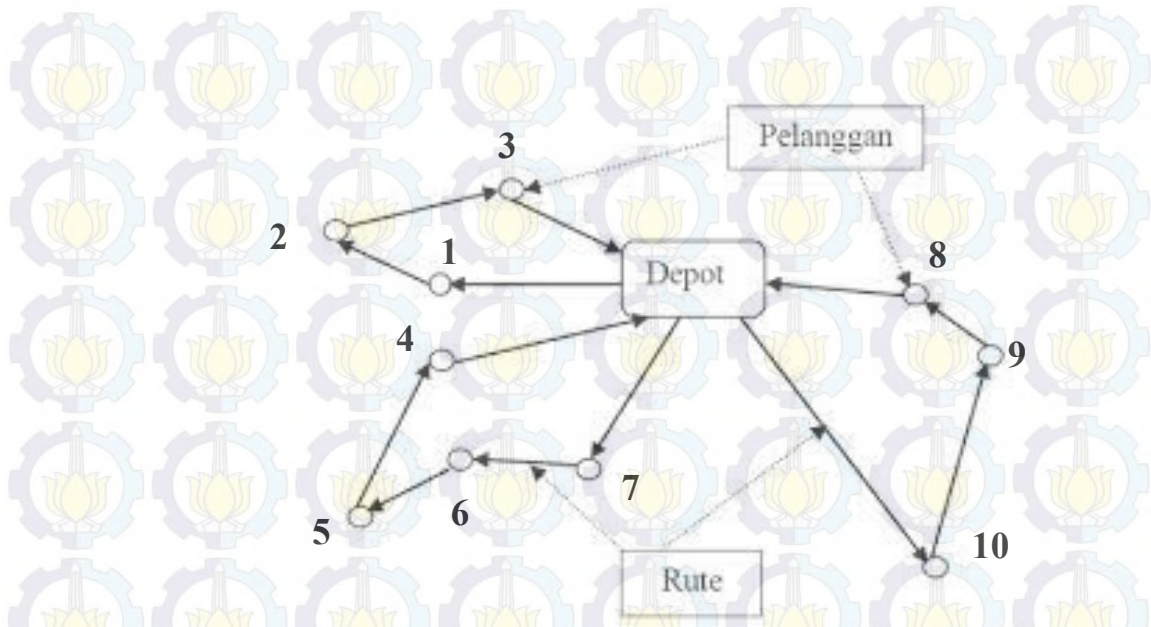


Gambar 2.1 Kendaraan dengan *Fixed Compartments* untuk Distribusi Minyak (Gebhard, 2012)



Gambar 2.2 Kendaraan dengan *Flexible Compartments* untuk Distribusi Makanan (Gebhard, 2012)

VRPTW dikenal juga sebagai *Traveling Salesman Problem with Time Windows* (TSPTW) karena hingga saat ini pendekatan heuristik atau meta heuristik dilakukan untuk mencari solusi berupa rute yang optimal. Hal tersebut yang menyebabkan *Vehicle Routing Problem* (VRP) sering disebut sebagai k-TSP. Tujuan dari VRPTW adalah meminimasi total jarak tempuh, jumlah kendaraan yang digunakan, dan tidak melebihi rentang waktu dalam perjalanan yang telah ditentukan. Berikut ini adalah visualisasi permasalahan yang menggambarkan VRP.



Gambar 2.3 Visualisasi Permasalahan *Vehicle Routing Problem* (VRP)

Penelitian ini berfokus pada permasalahan di perusahaan *travel* yang memiliki karakteristik *compartment* satu jenis yang termasuk ke dalam *fixed compartment*. Pada studi kasus *travel* ini tidak memiliki penanganan khusus terhadap *compartment*.

2.1.1 Formulasi *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW)

Menurut Toth & Vigo (2002), VRPTW secara garis besar merupakan *multicommodity network flow model* dengan batasan masalah berupa rentang waktu dan kapasitas, berikut formulasinya :

$$(VRPTW) \text{ Minimize } Z = \sum_{(i,j) \in A} \sum_{k \in K} c_{ij} x_{ijk} \quad (2.1)$$

subject to

$$\sum_{j \in \Delta^+(i)} \sum_{k \in K} x_{ijk} = 1 \quad \forall i \in N, \quad (2.2)$$

$$\sum_{j \in \Delta^+(0)} x_{0jk} = 1 \quad \forall k \in K, \quad (2.3)$$

$$\sum_{i \in \Delta^-(j)} x_{ijk} = \sum_{i \in \Delta^+(j)} x_{jik} \quad \forall j \in N; \forall k \in K, \quad (2.4)$$

$$\sum_{i \in \Delta^-(n+1)} x_{i,n+1,k} = 1 \quad \forall k \in K, \quad (2.5)$$

$$X_{ijk}(w_{ik} + s_i + t_{ij} - w_{jk}) \leq 0 \quad \forall k \in K, (i, j) \in A, \quad (2.6)$$

$$a_i \sum_{j \in \Delta^+(i)} X_{ijk} \leq w_{ik} \leq b_i \sum_{j \in \Delta^+(i)} X_{ijk} \quad \forall k \in K, i \in N, \quad (2.7)$$

$$E \leq w_{ik} \leq L \quad \forall k \in K, i \in \{0, n+1\}, \quad (2.8)$$

$$\sum_{i \in N} d_i \sum_{j \in \Delta^+(i)} X_{ijk} \leq C \quad \forall k \in K, \quad (2.9)$$

$$x_{ijk} \geq 0 \quad \forall k \in K, (i, j) \in A, \quad (2.10)$$

$$x_{ijk} \in \{0,1\} \quad \forall k \in K, (i, j) \in A. \quad (2.11)$$

2.1.2 Notasi dan Keterangan Formulasi *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW)

Fungsi (2.1) merupakan formulasi nonlinier yang menerangkan total biaya. Penjelasannya adalah $N = V \setminus \{0, n+1\}$ yang menggambarkan kumpulan dari konsumen, batasan (2.2) membatasi penugasan untuk tiap konsumen cukup dikunjungi oleh 1 kendaraan. Selanjutnya, batasan (2.3), (2.4), dan (2.5) menggolongkan aliran pada jalur yang harus dilalui oleh kendaraan k . Kemudian, batasan (2.6), (2.7), (2.8), dan (2.9) adalah daftar tanggung jawab yang mungkin terjadi dengan batasan berupa waktu yang ditentukan dan kapasitas. Catatan untuk notasi k , batasan (2.7) tergantung pada $w_{ik} = 0$ bilamana konsumen i tidak dikunjungi oleh kendaraan k . Pada batasan (2.11) kondisi x dinyatakan sebagai kondisi *binary*.

Notasi :

V = Kumpulan *vertex*

A = Kumpulan *arc*

C = Kapasitas kendaraan

E = Rentang waktu pada posisi saat ini untuk menuju titik berikutnya

L = Rentang waktu saat kedatangan pada titik yang dituju hingga waktu pelayanan pada titik tersebut

s_i = Waktu pelayanan

$x_{ijk} = \begin{cases} 1 & \text{jika vehicle } k \text{ mengunjungi customer } j \text{ langsung setelah customer } i \\ 0 & \text{jika sebaliknya} \end{cases}$

t_i = Waktu perjalanan

VRPTW didefinisikan pada jaringan $G = (V, A)$, dimana $V = (0, \dots, n)$ yaitu kumpulan *vertex* dan A adalah kumpulan *arc*. *Vertex* $i = 1, \dots, n$ merupakan jumlah titik yang dimulai dari depot ke konsumen, dimana *vertex* bernilai 0 jika dimulai dari titik pertama atau depot. Kadang-kadang depot dapat dimulai bukan dari titik pertama dinyatakan $n + 1$. Seluruh kemungkinan rute kendaraan umumnya dimulai dari *node* 0 dan diakhiri pada *node* $n + 1$. *Time windows* juga dikaitkan dengan *node* 0 dan $n + 1$, sebagai contoh $[a_0, b_0] = [a_{n+1}, b_{n+1}] = [E, L]$, dimana E dan L diketahui kemungkinan yang dapat terjadi untuk masing-masing keberangkatan dan kedatangan (dari depot kembali ke depot). Selain itu, permintaan bernilai nol dan waktu penilaian didefinisikan pada kedua titik ini, $d_0 = d_{n+1} = s_0 = s_{n+1} = 0$. Solusi yang mungkin ada jika $a_0 = E \leq \min_{i \in V \setminus \{0\}} b_i - t_{0i}$ dan $b_{n+1} = L \geq \max_{i \in V \setminus \{0\}} a_i + s_i + t_{i0}$. Hal penting juga pada *arc* $(i, j) \in A$ dapat dihilangkan karena pertimbangan sementara, jika $a_i + s_i + t_{ij} > b_j$, atau terbatasnya kapasitas, jika $d_i + d_j > C$.

2.1.3 Soft Time Windows

Menurut Toth dan Vigo (2002), *soft time windows* memiliki batasan yaitu menerima kendaraan untuk melakukan pelayanan pada konsumen sebelum atau sesudah batas waktu pelayanan yang ditentukan, untuk masing-masing konsumen. Hasil yang diperoleh adalah kendaraan menambahkan biaya tambahan. *Soft time window* mempertimbangkan waktu mulai yang mana yang didahulukan, dengan maksud dapat melanggar pada biaya dan batas rentang waktu dengan a_i' , $i \in N$. Dengan pengertian lain, menambah *time windows* $[a_i - a_i', b_i + b_i']$, $i \in N$, yang didefinisikan sebagai biaya hukuman :

$$c_l(w_{ik}) = \begin{cases} \lambda_i(a_i - w_{ik}) & \text{if } w_{ik} \in [a_i - a_i', a_i), \\ 0 & \text{if } w_{ik} \in [a_i, b_i], \\ g_i(w_{ik}) & \text{if } w_{ik} \in (b_i, b_i + b_i'], \end{cases}$$

Dimana λ_i bernilai positif konstan dan g_i (-) bernilai positif yang tidak mengurangi fungsi. Hal ini lebih dari permasalahan sederhana yang ditunjukkan

dengan metodologi usulan tetapi memerlukan keahlian khusus yaitu pengembangan *dynamic programming algorithm* yang dapat menyelesaikan permasalahan *linear decreasing node costs*. Namun kenyataannya pada permasalahan perusahaan *travel* tidak ada biaya denda yang dikenakan. Biaya denda yang dimaksud ekuivalen dengan tingkat kepuasan pelanggan.

2.2 *Simulated Annealing (SA)*

Menurut Santosa & Willy (2011), *Simulated Annealing (SA)* termasuk algoritma yang meniru perilaku fisik proses pendinginan baja. Teknik ini meniru perilaku baja yang mengalami pemanasan sampai suhu tertentu kemudian didinginkan secara perlahan. Ketika penurunan suhu, susunan atomnya akan menjadi lebih teratur dan akhirnya akan membentuk kristal dan mempunyai energi internal yang minimum. Proses pembentukan kristal ini pada dasarnya sangat bergantung pada laju penurunan suhu. Proses pendinginan secara cepat akan menyebabkan kerusakan di dalam material, sehingga suhu baja yang mendidih perlu diturunkan secara perlahan dan teratur untuk memungkinkan pemadatan yang bagus dan menghasilkan kristal dengan susunan yang bagus dan kandungan energi internal yang kecil. Proses pendinginan secara perlahan ini disebut *annealing*.

Konsep penting pada algoritma SA adalah cara kerja pendinginan dengan menentukan parameter yang serupa dengan suhu lalu mengontrolnya dengan menggunakan konsep distribusi probabilitas Boltzmann. Distribusi probabilitas Boltzmann menyatakan bahwa energi (E) dari suatu sistem dalam keseimbangan panas pada suhu T terdistribusi secara probabilistik dinyatakan dengan rumus, sebagai berikut :

$$P(E) = e^{-E/kT} \quad (2.12)$$

dimana $P(E)$ menyatakan peluang mencapai tingkat energi E , T adalah suhu dan k konstanta Boltzmann. Persamaan 2.12 memperlihatkan bahwa pada suhu tinggi sistem tersebut mempunyai probabilitas yang rendah berada pada status energi yang tinggi.

Ini menunjukkan bahwa jika proses pencarian solusi mengikuti distribusi probabilitas Boltzmann konvergensi algoritma *simulated annealing* dapat diatur dengan mengatur distribusi T .

Persamaan 2.12 diturunkan dengan kriteria Metropolis untuk diterapkan dalam konteks minimasi fungsi $[f(x)]$ bertujuan untuk membangkitkan vektor solusi baru (x_{i+1}) secara random pada titik (x) (Santosa & Willy, 2011), dinyatakan sebagai berikut :

$$\Delta E = E_{i+1} - E_i = \Delta f = f_{i+1} - f_i = f(X_{i+1}) - f(X_i) \quad (2.13)$$

dimana persamaan 2.2 merupakan kriteria metropolis yang menentukan perbedaan status energi atau fungsi tujuan di dua titik (status) dari probabilitas vektor solusi baru (x_{i+1}) . Berikut ini adalah probabilitas untuk $\Delta E \leq 0$,

$$P[E_{i+1}] = \min\{1, e^{-\frac{\Delta E}{kT}}\}$$

sedangkan untuk $\Delta E > 0$,

$$P[E_{i+1}] = e^{-\frac{\Delta E}{kT}}$$

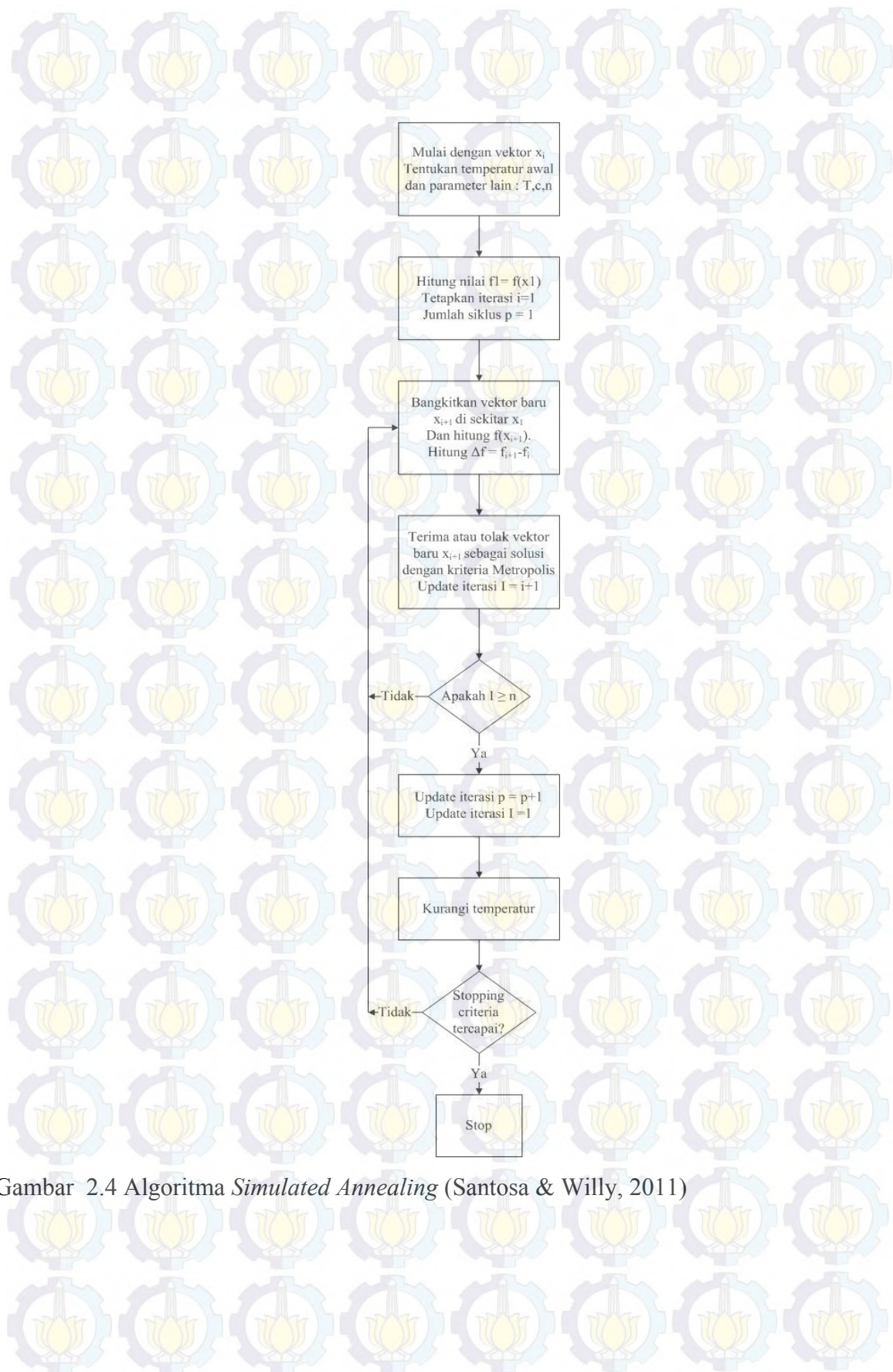
probabilitas untuk $\Delta E > 0$ adalah nilai $f(x_{i+1})$ akan lebih besar (lebih buruk) dari $f(x_i)$.

Algoritma SA dimulai dengan suatu vector x_1 (iterasi $i = 1$) dan nilai *temperature* T yang cukup tinggi. Bangkitkan vector solusi baru secara *random* yang dekat dari titik sekarang dan hitung perbedaan nilai fungsi tujuannya :

$$\Delta E = E_{i+1} - E_i = \Delta f = f_{i+1} - f_i = f(x_{i+1}) - f(x_i) \quad (2.14)$$

Jika f_{i+1} lebih kecil dari f_i (dengan nilai Δf negatif), terima titik f_{i+1} sebagai titik solusi baru. Sebaliknya, jika Δf positif, probabilitas menerima x_{i+1} sebagai solusi baru $e^{-\Delta f/kT}$. Menerima atau tidaknya nilai probabilitas dibangkitkan nilai *random* (0,1). Jika nilai *random* lebih kecil dari nilai $e^{-\Delta f/kT}$, terima titik x_{i+1} ; sebaliknya, tolak x_{i+1} .

Langkah selanjutnya adalah mengevaluasi nilai fungsi tujuan f_{i+1} , dan memutuskan untuk menerima x_{i+1} sebagai titik baru, berdasarkan kriteria Metropolis. Untuk mensimulasikan pencapaian *equilibrium thermal* pada setiap temperatur maka dilakukan algortima SA sebagai berikut.



Gambar 2.4 Algoritma *Simulated Annealing* (Santosa & Willy, 2011)

2.3 *Variable Neighbourhood Search (VNS)*

Menurut Alba (2005), ide dasar VNS adalah perubahan lingkungan dalam mencari solusi yang lebih baik. VNS berawal dari sebuah metode turunan (*descent*) untuk mencapai lokal minimum, kemudian menyelidiki secara sistematis atau acak, menyebabkan lingkungan akan semakin jauh dari solusi ini. Tiap kali, satu atau beberapa titik dalam lingkungan saat ini digunakan sebagai solusi awal untuk turunan lokal (*local descent*). Satu titik melompat dari solusi saat ini sebagai acuan baru jika dan hanya jika solusi yang lebih baik ditemukan. VNS tidak seperti metode lintasan pada *Simulated Annealing* atau *Tabu Search* dan tidak menyertakan langkah yang dilarang dalam prosesnya. Meskipun kesederhanaan itu lebih spesifik. Berikut adalah pengamatan sistematis pada VNS :

- a. Sebuah lokal minimum berkaitan dengan satu struktur lingkungan yang belum tentu lebih baik dibandingkan yang lain.
- b. Sebuah global minimum yang merupakan lokal minimum berhubungan dengan semua kemungkinan pada struktur lingkungan.
- c. Kebanyakan masalah lokal minimum berkaitan dengan satu atau beberapa lingkungan yang relatif dekat satu sama lain.

Variable Neighbourhood Descent (VND) adalah jenis deterministik dari VNS. Hal ini berdasarkan pada pengamatan sistematis VNS (a), yaitu sebuah lokal optima untuk solusi pertama bergerak $x + z'$ (atau heuristik, atau dalam lingkungan $N1(x)$) belum tentu baik untuk solusi berikutnya yang bergerak $x \in 2$ (dalam lingkungan $N2(x)$). Hal tersebut mungkin lebih baik dengan menggabungkan turunan heuristik (*descent heuristics*). Skema VND dapat dilihat pada gambar 2.5.

Metode VND

1. Mencari solusi awal x
 2. Ulangi urutan sampai solusi terbaik tercapai
 - (i) Set $l \leftarrow 1$;
 - (ii) Ulangi langkah-langkah berikut sampai $l = l_{max}$:
 - (a) Cari lingkungan yang terbaik x' dari x ($x' \in N_l(x)$);
 - (b) Jika solusi x' yang diperoleh lebih baik daripada x , set $x \leftarrow x'$ dan $l \leftarrow 1$; sebaliknya, $l \leftarrow l + 1$
-

Gambar 2.5 *Variable Neighbourhood Descent* (Alba, 2005)

Aplikasi sederhana dari prinsip VNS adalah *reduced* VNS. Ini adalah murni metode pencarian stokastik yang berarti solusi awal sebelum lingkungan dipilih dilakukan secara acak. Langkah tersebut sebagian besar didasarkan pada pengamatan sistematis (c). Sebuah kumpulan lingkungan $N_1(x)$, $N_2(x)$, ..., $N_{kmax}(x)$ akan dipertimbangkan di sekitar titik z sekarang (yang mungkin atau tidak lokal optima). Biasanya, kumpulan lingkungan tersebut akan membentuk sarang yang masing-masing berisikan sebelumnya. Langkah selanjutnya adalah titik dipilih secara acak di lingkungan pertama. Jika nilainya lebih baik dari *incumbent* ($f(x') < f(x)$) maka pencarian *recentered* ($x \leftarrow x'$), sebaliknya satu titik digunakan untuk lingkungan berikutnya. Setelah semua lingkungan telah dipertimbangkan, satu dimulai lagi dengan yang pertama, sampai kondisi berhenti puas (biasanya itu akan menjadi waktu maksimum komputasi sejak perbaikan terakhir, atau jumlah maksimum iterasi). Penjelasan tentang urutan skema dari *reduced* VNS (RVNS) dapat dilihat pada gambar 2.6.

Metode *Reduced VNS*

1. Mencari solusi awal x ; pilih kondisi berhenti;
2. Ulangi urutan sampai kondisi berhenti terpenuhi :
 - (i) $k \leftarrow 1$;
 - (ii) Ulangi langkah-langkah berikut sampai $k = k_{max}$:
 - (a) *Shake*. Mengambil (solusi acak) x' dari $N_k(x)$;
 - (b) Jika solusi lebih baik daripada *incumbent*, maka pencarian ($x \leftarrow x'$), dan lanjutkan pencarian dengan $N1$ ($k \leftarrow 1$); sebaliknya, set $k \leftarrow k + 1$.

Gambar 2.6 *Reduced Variable Neighbourhood Search Variable Neighbourhood Descent* (Alba, 2005)

Variable Neighbourhood Descent dan *Reduced VNS* adalah metode yang menggunakan variabel lingkungan dalam keturunan ke lokal optimal untuk menemukan daerah yang menjanjikan berupa solusi dekat-optimal. Metode yang menggabungkan pencarian lokal pada kedua metode tersebut di lingkungan sekitar lokal optima adalah Skema dari *Basic VNS* (BVNS). BVNS sering dikenal sebagai *Iterated Local Search*. Metode tersebut mendapat gangguan solusi lingkungan saat ini untuk membuat pencarian lokal dari solusi lingkungan saat ini menjadi solusi lokal optima, dan bergerak menjadi solusi baik jika telah ada perbaikan. BVNS hanya mengambil satu lingkungan.

Metode *Basic VNS*

1. Mencari solusi awal x ; pilih kondisi berhenti;
2. Ulangi urutan sampai kondisi berhenti terpenuhi :
 - (i) Set $k \leftarrow 1$;
 - (ii) Ulangi langkah-langkah berikut sampai $k = k_{max}$:
 - (a) *Shake*. Mengambil (solusi acak) x' dari lingkungan k^{th} sebuah x ($x' \in N_k(x)$);
 - (b) *Local search*. Menerapkan beberapa metode pencarian lokal dengan x' sebagai solusi awal; menunjukkan dengan x'' sehingga lokal optima diperoleh;
 - (c) *Move or not*. Jika lokal optima x'' lebih baik daripada *incumbent* x , maka pencarian ($x \leftarrow x''$), dan lanjutkan pencarian dengan $N1$ ($k \leftarrow 1$); sebaliknya, set $k \leftarrow k + 1$.

Gambar 2.7 *Basic Variable Neighbourhood Search Variable Neighbourhood Descent* (Alba, 2005)

VNS *Algorithm*

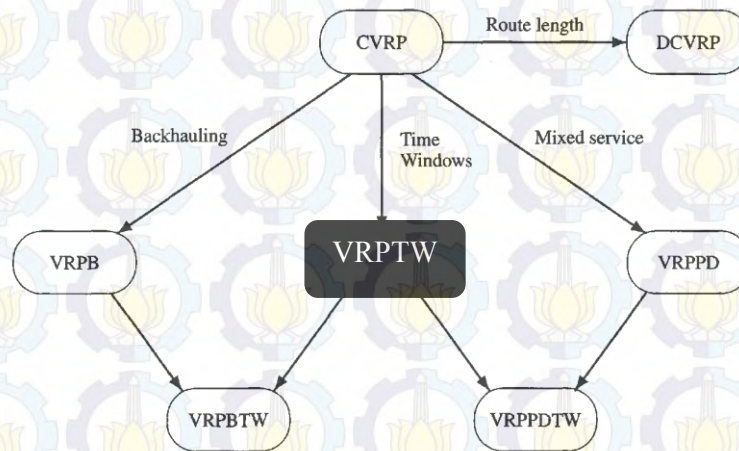
1. Langkah awal :

Cari solusi awal x . Set $x^* \rightarrow x$.
2. Ulangi urutan sampai kondisi berhenti terpenuhi :
 - (a) *Shake*. Mengambil (solusi acak) x' pada $N_k(x)$.
 - (b) *Local search*. Menerapkan beberapa metode pencarian lokal dengan x' sebagai solusi awal; menunjukkan dengan x'' sehingga lokal optima diperoleh.
 - (c) *Improve or not*. Jika x'' lebih baik daripada x^* , maka pencarian ($x \leftarrow x''$).

Gambar 2.8 Algoritma *VNS Variable Neighbourhood Descent* (Alba, 2005)

2.4 Posisi Penelitian

Menurut Toth dan Vigo (2002), posisi penelitian ini tentang *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW) termasuk kedalam alur deskripsi jenis-jenis dari *vehicle routing problem* yang dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Generalisasi *Vehicle Routing Problem* (Toth dan Vigo, 2002)

Belum ada penelitian mengenai *hybridizing* antara *Simulated Annealing* (SA) dengan *Variable Neighbourhood Search* (VNS) untuk permasalahan *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW). Berikut ini adalah deskripsi tentang posisi penelitian yang dilakukan dibandingkan dengan beberapa penelitian untuk dijadikan acuan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tabel Fokus Penelitian

		VRP	CVRP	VRPTW
SA		√	√	√
VNS		√	√	√
Hybrid	SA+VNS	√		Posisi Penelitian

Penelitian mengenai *hybrid* antar dua algoritma metaheuristik dengan mengkombinasikan satu atau lebih mekanisme ke dalam suatu algoritma sudah banyak dilakukan. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Brito, et al. (2012), Abbasi, et al. (2011), dan Rodriguez-Cristerna, et al. (2015). *Hybridizing* dilakukan untuk saling melengkapi kelemahan sebuah algoritma guna mendapatkan hasil yang *steady state* dan optimal.

Penelitian ini mengaplikasikan mekanisme *local search* dari algoritma VNS dengan cara menggantikan *local search* pada SA. Mekanisme *shaking* pada *local search* VNS adalah memberikan ruang pencarian *neighbourhood* yang lebih luas lagi untuk mendapatkan *global optimal* (Liberti & Maculan, 2006). Menurut Liberti & Maculan (2006), *shake* mempertimbangkan parameter $k \leq k_{max}$ pada *hyper-rectangles* ($R_k(x^*)$). *Hyper-rectangle* memiliki pengertian yang sama dengan $y^l \leq y \leq y^u$ untuk semua $i \leq n$. Xiao, et al. (2014) menjelaskan mengenai *general shaking* berbasis pada konsumen untuk *General Neighbourhood Structures* (GNS) yang dapat dilihat di gambar 2.10. Menurut Xiao, et al. (2014), VNSR berbasis pada konsumen untuk GNS akan menghasilkan pencarian yang lebih baik dan lebih efisien.

Variable Neighbourhood Shaking Rule (VNSR) Algorithm

Input: r, k_{max}

Return: k

Begin

Generate randomly r integers whose values are between $[1, k_{max}]$, i.e. i_1, i_2, \dots

\dots , and i_r

$k = \min\{i_1, i_2, \dots, i_r\}$

Return k

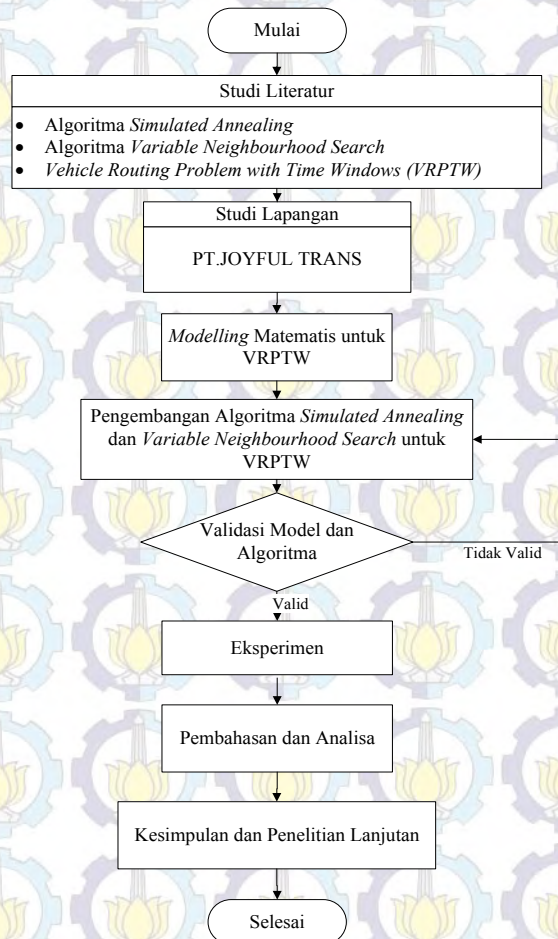
End

Gambar 2.10 Algoritma VNSR (Xiao, et al., 2014)

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Bab metodologi penelitian ini menjelaskan tentang uraian langkah-langkah dalam melakukan penelitian untuk menyelesaikan permasalahan *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW) dengan algoritma *Simulated Annealing* dengan pendekatan *Variable Neighbourhood Search* yang dijelaskan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Flowchart Metodologi Penelitian

3.1 Studi Literatur

Tahap studi literatur bertujuan mengumpulkan informasi terkait dengan algoritma *Simulated Annealing*, algoritma *Variable Neighbourhood Search*, dan *Vehicle Routing Problem with Time Windows* yang digunakan sebagai acuan dalam menentukan posisi penelitian dari penelitian-penelitian yang pernah dilakukan terdahulu.

3.2 Studi Lapangan

Tahap studi lapangan ini meliputi peninjauan objek yang diteliti sesuai dengan studi kasus di Indonesia dan pengumpulan data pada objek yang diteliti. Objek penelitian ini mengenai moda transportasi darat yaitu *travel* pada PT. JOYFUL TRANS yang terletak di Surabaya. Pengumpulan data pada objek penelitian ini meliputi : lokasi *customer*, jumlah armada dan kapasitas, dan waktu pelayanan.

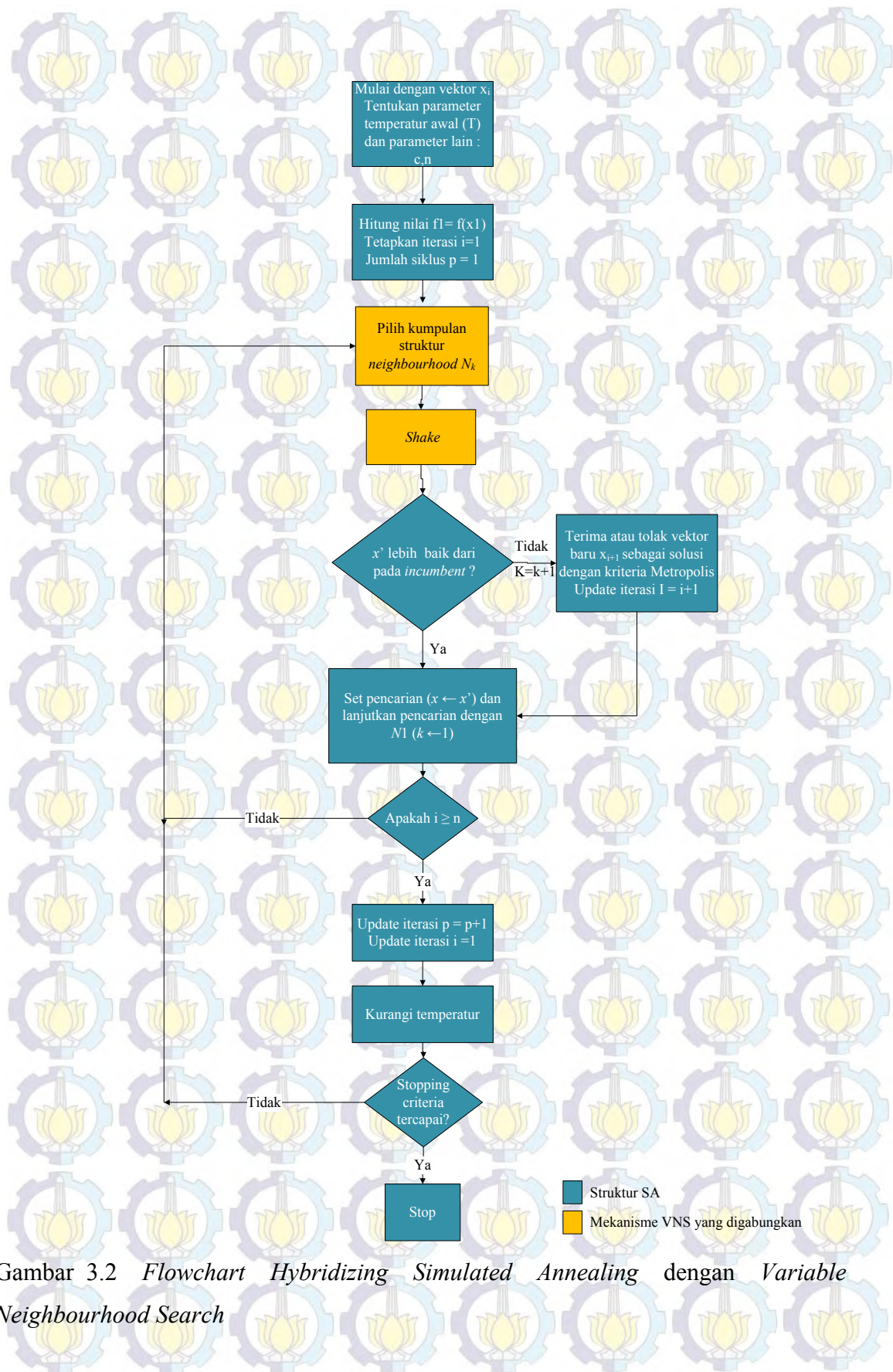
3.3 Pengembangan Model Matematis untuk VRPTW

Tahap pengembangan model matematis untuk VRPTW ini dilakukan berdasarkan model yang dikembangkan dari Toth & Vigo (2002). Model yang dikembangkan yaitu formulasi nonlinier untuk total biaya dengan melakukan regresi pada parameter yang mempengaruhi biaya. Biaya pada penelitian ini mempertimbangkan depresiasi konsumsi bahan bakar terkait jarak tempuh dan lama berkendara berdasarkan kondisi nyata (macet atau tidak macet).

Model Toth & Vigo (2002) menjelaskan terdapat batasan masalah tentang waktu pelayanan tiap titik konsumen. Namun, dalam penelitian ini model disesuaikan terhadap studi kasus yang diteliti. Studi kasus pada penelitian ini yaitu perusahaan *travel* dalam batasan waktu pelayanan tiap titik konsumen tidak dicantumkan.

3.4 Pengembangan Algoritma *Simulated Annealing* dan *Variable Neighbourhood Search* untuk VRPTW

Dalam tahapan ini dilakukan pengembangan algoritma *Simulated Annealing* (SA) dan *Variable Neighbourhood Search* (VNS) untuk menyelesaikan permasalahan *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW). Penyelesaian permasalahan VRPTW ini akan menggunakan *hybrid* algoritma SAVNS berdasarkan fungsi tujuan yang ada. Alur pengembangan algoritma SAVNS untuk permasalahan VRPTW dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Flowchart Hybridizing Simulated Annealing dengan Variable Neighbourhood Search

Berdasarkan *flowchart* yang terdapat pada gambar 3.2, berikut ini adalah penjelasan dari pengembangan algoritma yang digunakan menyelesaikan permasalahan *Vehicle Routing Problem with Time Windows* :

1. Inisialisasi

Tahap ini adalah langkah awal melakukan penetapan parameter yang diinputkan. Parameter pada penelitian ini sebagai berikut :

- a. temperatur (T)
- b. faktor reduksi temperatur (cr)
- c. konstanta boltzman (k)
- d. populasi (N)
- e. siklus (n)
- f. rentang x
- g. maksimum iterasi (maxit)
- h. Informasi matriks jarak atau waktu.

2. Bangkitkan solusi awal (x)

Langkah berikutnya adalah membangkitkan solusi awal dengan cara menghitung nilai dari fungsi tujuan $f1 = f(x1)$. Mekanisme perhitungan berdasarkan fungsi tujuan meliputi pembangkitan nilai *random* yang diartikan sebagai solusi acak. Solusi acak pada penelitian ini adalah rute yang sesuai dengan permasalahan penelitian ini yaitu *Vehicle Routing Problem with Time Windows*. Setelah $f1$ ditemukan kemudian tetapkan iterasi dan siklus bernilai 1. Nilai *random* yang dimaksudkan pada langkah ini adalah permasalahan VRPTW berupa pengoptimalan sebuah rute. Ilustrasi proses membangkitkan nilai *random permutation* dapat dilihat pada gambar 3.3.

Informasi *node* dalam sebuah rute

Depot	<i>Customer 1</i>	<i>Customer 2</i>	<i>Customer 3</i>	<i>Customer 4</i>	.... Jumlah Kota
0	1	2	3	4	.... nc

Contoh nilai *random permutation* untuk pembangunan rute atau solusi acak

Depot	<i>Customer 1</i>	<i>Customer 2</i>	<i>Customer 3</i>	<i>Customer 4</i>	.... Jumlah Kota
0	2	3	4	1	.... nc

Gambar 3.3 Ilustrasi Nilai Random untuk Bangkitkan Solusi Awal

3. Pilih kumpulan *neighbourhood* (N_k)

Tahap ini merupakan mekanisme dari algoritma *Variable Neighbourhood Search* (VNS) yang diaplikasikan ke dalam algoritma *Simulated Annealing*. Mekanisme VNS tersebut yaitu jenis *local search* yang berbeda dari algoritma SA. *Local search* pada algoritma SA yaitu *single vector* sedangkan algoritma VNS adalah berdasarkan rentang ruang pencarian dari lingkungan pada solusi awal (N_k).

4. *Shake*

Tahap *shake* ini hampir sama dengan tahap ke dua, yaitu melakukan perhitungan solusi x' sebagai solusi pembanding dari fungsi tujuan. Proses *shake* ini berpengaruh terhadap parameter populasi, yang artinya semakin banyak jumlah populasi maka nilai dari solusi x' akan memiliki peluang yang besar untuk mendapatkan nilai yang lebih kecil. Mekanisme *shake* ini mengadopsi dari Xiao, et al. (2014).

Depot	Jumlah <i>Customer</i>						
N = 0	0	1	2	3	4	....	n
N = 1	0	4	3	1	2	....	n
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
N=Nmax	0	?	?	?	?	....	N

Gambar 3.4 Ilustrasi Mekanisme *Shake* (Xiao, et al., 2014)

5. X' lebih baik daripada *incumbent*?

Langkah ini adalah langkah membandingkan nilai dari x' dengan *incumbent* (x). Tahap ini adalah akhir dari mekanisme VNS pada penelitian ini. Langkah pada tahap ini terbagi menjadi dua, yaitu :

- Jika nilai $x' < x$: nilai x berubah menjadi nilai x' dan nilai *random* yang digunakan adalah pada solusi x' .
- Jika nilai $x' > x$: nilai x' lebih besar daripada nilai x , maka langkah ini masuk berubah menjadi langkah Metropolis.

6. Metropolis

Tahap ini berlaku jika langkah ke lima tahap untuk ke dua tercapai. Kriteria metropolis adalah menerima kemungkinan buruk dari solusi x' . Berikut adalah mekanisme dari proses metropolis :

- Diff = nilai fungsi x' – nilai fungsi x .
- $P = \exp(-\text{diff}/k \cdot T)$.
- Nilai dari fungsi pada kondisi metropolis diterima jika nilai *random* $< P$.

7. Jumlah Iterasi = siklus (n)

Tahap ini menjelaskan tentang banyaknya iterasi yang dilakukan harus bernilai sama dengan parameter siklus. Jika jumlah iterasi kurang dari siklus yang

ditetapkan maka iterasi harus tetap dilanjutkan dengan cara kembali pada tahap ke tiga.

Hal ini merupakan mekanisme dari algoritma *Simulated Annealing* yang menunjukkan *stopping criteria*.

8. Kurangi temperatur

Tahap ini adalah pengurangan temperatur jika iterasi melebihi siklus. Mekanisme pengurangan temperatur seperti alat pengatur yang berfungsi mengatur banyaknya iterasi, sebagai berikut :

- a. Temperatur awal yang dipanaskan dengan derajat tinggi (T).
- b. Penurunan dengan laju penurunan yang telah ditetapkan ($T = T * cr$).

Tujuan pendinginan untuk memperkecil probabilitas penerimaan solusi yang lebih buruk dan berkaitan dengan tahap ke empat.

9. *Stopping criteria*

Stopping criteria adalah jika salah satu mekanisme tercapai maka iterasi akan berhenti dan solusi x dihasilkan berupa f optimal dan x optimal. *Stopping criteria* yang lainnya adalah jika iterasi telah melebihi dari parameter maksimum iterasi yang telah ditentukan.

3.5 Validasi Algoritma

Tahap ini yaitu melakukan pengecekan terhadap algoritma usulan. Validasi dilakukan untuk menjawab tujuan penelitian apakah mampu menghasilkan solusi yang sesuai dengan permasalahan yang dihadapi. Algoritma dapat dikatakan valid jika solusi yang dihasilkan sama dengan perhitungan enumerasi, jika belum maka algoritma dinyatakan belum valid dan harus dilakukan peninjauan serta perbaikan kembali sampai hasil yang diperoleh sama dengan hasil pencarian enumerasi.

3.6 Eksperimen

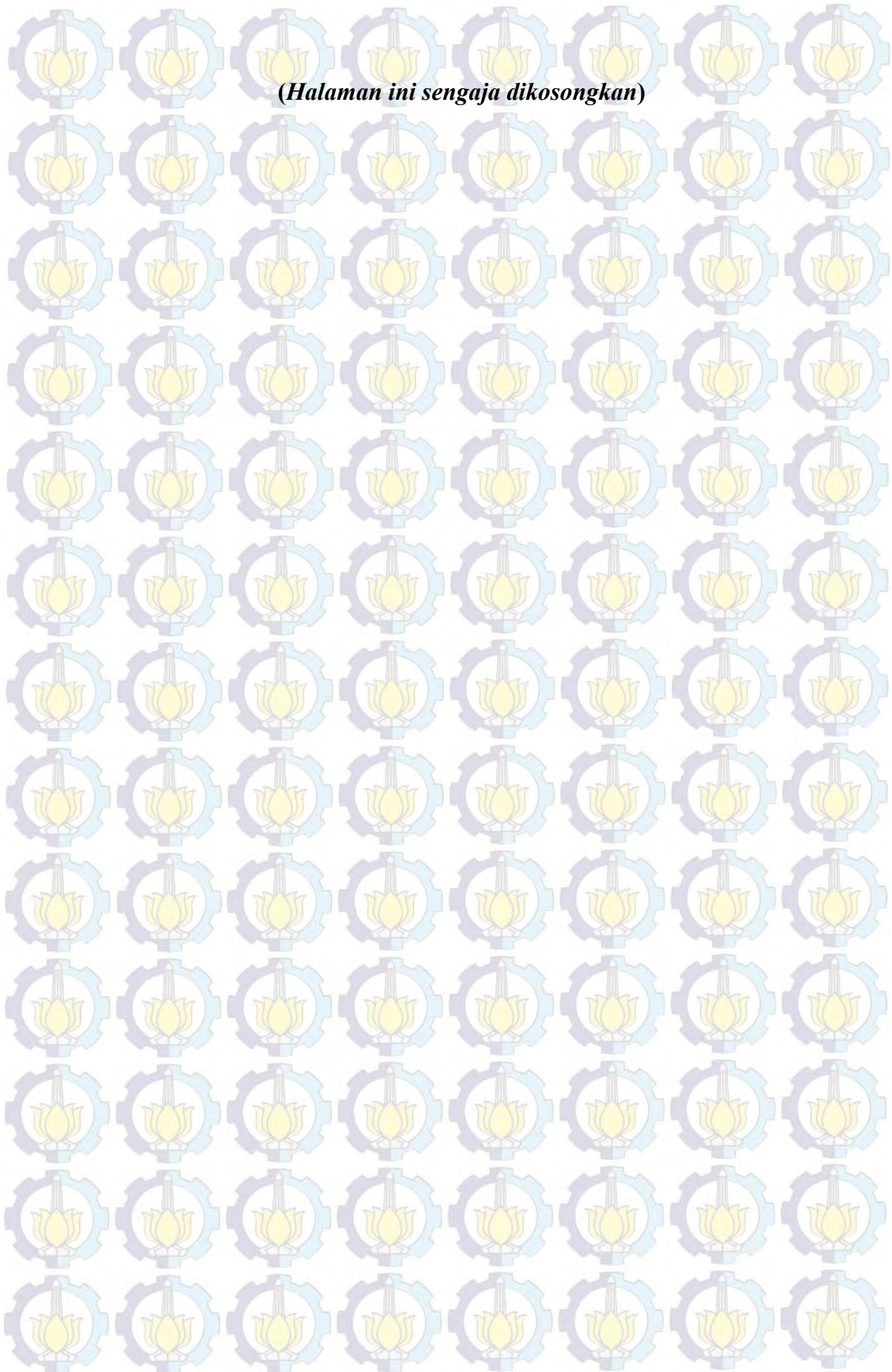
Algoritma yang telah dikembangkan akan diuji menggunakan beberapa permasalahan *Vehicle Routing Problem with Time Windows* dengan berbagai jumlah *customer* yang dikunjungi dengan kapasitas armada yang dimiliki di PT. JOYFUL TRANS. Algoritma akan diuji untuk permasalahan 8 *customer* (L300) dan 14 *customer* (ELF).

3.7 Pembahasan dan Analisa

Tahap ini adalah menganalisa dan membahas baik keunggulan maupun kelemahan dari hasil eksperimen yang telah dilakukan. Pembahasan dan analisa berdasarkan kecepatannya untuk mencapai solusi terbaik dalam menentukan rute terpendek dari jumlah *customer* yang dikunjungi.

3.8 Kesimpulan dan Penelitian Lanjutan

Tahap terakhir yang harus dilakukan yaitu menarik kesimpulan terhadap hasil analisa yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya, serta memberikan saran perbaikan yang berguna untuk mengembangkan penelitian ini selanjutnya agar lebih baik.



BAB 4

DESKRIPSI MODEL

Pada bab ini akan dijelaskan deskripsi model yang diselesaikan dan ilustrasi penyelesaiannya dengan algoritma usulan yang dikembangkan.

4.1 Gambaran Umum PT. JOYFUL TRANS

Pada penelitian ini dilakukan pengamatan terhadap kondisi eksisting di PT JOYFUL TRANS. Kondisi eksisting tersebut akan dijadikan acuan dalam melakukan penelitian ini.

4.1.1 Profil Perusahaan

PT JOYFUL TRANS terletak di Wonorejo Sari Kav. 005, Rungkut – Surabaya. PT JOYFUL TRANS merupakan perusahaan yang bergerak dibidang jasa berupa pelayanan trayek antar kota. Kegiatan usaha yang dilakukan oleh PT. JOYFUL TRANS adalah jenis moda transportasi darat, antara lain :

1. Jasa *travel* menggunakan armada jenis mobil ELF yang dapat mengangkut penumpang sebanyak 14 penumpang.
2. Jasa *travel* menggunakan armada jenis mobil L300 yang dapat mengangkut penumpang sebanyak 8 penumpang.

Pada saat ini, PT JOYFUL TRANS memiliki armada sebanyak 40 armada yang terdiri dari 38 armada L300 dan 2 armada ELF. PT JOYFUL TRANS memiliki jadwal keberangkatan sebagai berikut :

1. 5 kali perjalanan untuk trayek kota Surabaya menuju kota Blitar (jam 01.00 WIB, 04.00 WIB, 08.00 WIB, 12.00 WIB, 15.00 WIB).
2. 4 kali perjalanan untuk trayek kota Surabaya menuju kota Tulung Agung.

4.1.2 Sejarah Perusahaan

Berikut ini terdapat sejarah PT. JOYFUL TRANS yang dimulai dari awal berdiri hingga saat ini :

1. Tahun 2007 adalah awal berdiri PT. JOYFUL TRANS yang terletak di Jl. Kutisari Indah Barat, Siwalan Kerto – Surabaya dengan jumlah armada L300 sebanyak 3 mobil.
2. Tahun 2008 menambah armada L300 sebanyak 2 mobil.
3. Tahun 2010, PT. JOYFUL TRANS menambah kembali armada L300 sebanyak 5 sehingga yang dimiliki menjadi 10 mobil.
4. Tahun 2011, kantor PT. Joyful Tans berpindah di Jl. Kutisari Indah Selatan, Siwalan Kerto – Surabaya dan menambah armada L300 menjadi 20 mobil.
5. Tahun 2012, PT. JOYFUL TRANS kembali berpindah di Jl. Kutisari Indah Barat, Siwalan Kerto – Surabaya dan menambah armada L300 menjadi 25 mobil.
6. Tahun 2013, PT. JOYFUL TRANS resmi tidak menyewa tempat dan kantor tetap di Wonorejo Sari Kav. 005, Rungkut – Surabaya, membeli trayek Surabaya – Tulung Agung pada perusahaan Mitra Abadi, dan menambah armada L300 menjadi 28 mobil.

7. Tahun 2015, PT. JOYFUL TRANS menambah armada L300 menjadi 38 mobil dan membeli armada ELF sebanyak 2 mobil.

4.1.3 Permasalahan PT. JOYFUL TRANS

PT. JOYFUL TRANS memiliki permasalahan *time windows* yaitu ketepatan waktu dalam penjemputan konsumen berdasarkan titik konsumen di wilayah Surabaya yang dapat mereduksi ketepatan dalam pengantaran ke kota tujuan. Batasan *time windows* yang dimiliki adalah 2 jam untuk permasalahan 8 titik konsumen dan 3 jam untuk permasalahan 14 titik. Penjemputan diawali dari lokasi *pool* yaitu PT. JOYFUL TRANS dan dilanjutkan dengan pejemputan sesuai titik konsumen.

4.2 Model Permasalahan *Vehicle Routing Problem with Soft Time Windows*

Model permasalahan yang digunakan pada penelitian ini menggunakan model konseptual dari Toth & Vigo (2002) yang disesuaikan dengan permasalahan di PT. JOYFUL TRANS untuk dijadikan sebagai acuan dalam penyusunan algoritma, yang dapat dilihat sebagai berikut :

$$(VRPSTW) \text{ Minimize } Z = \sum_{(i,j) \in A} \sum_{k \in K} Y_{ij} x_{ijk} \quad (2.1)$$

subject to

$$\sum_{j \in \Delta^+(i)} \sum_{k \in K} x_{ijk} = 1 \quad \forall i \in N, \quad (2.2)$$

$$\sum_{j \in \Delta^+(0)} x_{0jk} = 1 \quad \forall k \in K, \quad (2.3)$$

$$\sum_{l \in \Delta^-(j)} x_{ljk} = \sum_{l \in \Delta^+(j)} x_{jlk} \quad \forall j \in N; \forall k \in K, \quad (2.4)$$

$$\sum_{l \in \Delta^-(n+1)} x_{l,n+1,k} = 1 \quad \forall k \in K, \quad (2.5)$$

$$X_{ijk}(w_{ik} + s_i + t_{ij} - w_{jk}) \leq 0 \quad \forall k \in K, (i, j) \in A, \quad (2.6)$$

$$\sum_{i \in N} d_i \sum_{j \in \Delta^+(i)} X_{ijk} \leq C \quad \forall k \in K, \quad (2.7)$$

$$x_{ijk} \geq 0 \quad \forall k \in K, (i, j) \in A, \quad (2.8)$$

$$x_{ijk} \in \{0,1\} \quad \forall k \in K, (i, j) \in A. \quad (2.9)$$

Fungsi tujuan terletak pada fungsi (4.1) yang merupakan formulasi nonlinier untuk menaksir parameter yaitu total biaya. Batasan (4.2) adalah penugasan untuk tiap konsumen cukup dikunjungi oleh 1 kendaraan. Selanjutnya, batasan (4.3), (4.4), dan (4.5) menggolongkan aliran pada jalur yang harus dilalui oleh kendaraan k . Kemudian, batasan (4.6) dan (4.7) adalah daftar tanggung jawab yang mungkin terjadi dengan batasan berupa waktu yang ditentukan dan kapasitas. Pada batasan (4.9) kondisi x dinyatakan sebagai kondisi *binary*.

Notasi :

A = Kumpulan *arc*

C = Kapasitas kendaraan

s_i = Waktu pelayanan

t_i = Waktu perjalanan

$x_{ijk} = \begin{cases} 1 & \text{jika vehicle } k \text{ mengunjungi customer } j \text{ langsung setelah customer } i \\ 0 & \text{jika sebaliknya} \end{cases}$

Model pada penelitian ini berbeda dengan model konseptual pada Toth dan Vigo (2002). Perbedaan model terletak pada fungsi tujuan dan batasan masalah tentang waktu pelayanan tiap titik konsumen. Fungsi tujuan berupa minimasi biaya konsumsi bahan bakar yang didapat dengan melakukan regresi terhadap parameter yang mempengaruhi biaya berdasarkan data historis alamat penjemputan konsumen, biaya bahan bakar, dan *ratio* konsumsi bahan bakar sesuai jenis kendaraan yang digunakan. Parameter yang mempengaruhi biaya adalah jarak dari hasil rute optimal dan waktu tempuh dalam berkendara. Total biaya pada penelitian ini akan digunakan sebagai estimasi biaya yang dikeluarkan untuk PT. JOYFUL TRANS. Berikut ini adalah model regresi untuk perhitungan biaya menurut Ross (2004).

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2$$

Keterangan :

Y = Biaya konsumsi bahan bakar

X_1 = Variabel jarak (Km)

X_2 = Variabel waktu tempuh (*hours*)

β_0 = Nilai konstanta

β_1 = Biaya liter per jarak

β_2 = Biaya liter per waktu tempuh

4.3 Algoritma *Simulated Annealing* dan *Variable Neighbourhood Search* (SAVNS) untuk *Vehicle Routing Problem with Soft Time Windows* (VRPSTW)

Berikut ini adalah *pseudocode* yang menjelaskan mekanisme algoritma *hybrid Simulated Annealing* dan *Variable Neighbourhood Search* yang digunakan pada penelitian ini.

***Pseudocode* Algoritma SAVNS untuk Permasalahan VRPSTW**

Input : dist, waktu, maxit, cr, T, N, n, k

Output : xopt, fx, t, wt, cost

Begin

1. $x^* \leftarrow x \leftarrow x' \leftarrow$ Solusi inisial; it = 0
 2. *Repeat*
 3. *while* it \leq maxit *do*
 4. *for* it2 < n *do*
 5. *for* it3 : N *do*
 6. $x' = \text{shake}(N, nc)$;
 7. *if* $x' < x$ *then* $x' \leftarrow x$;
 8. *else* diff = abs($x' - x$) *then* $p = \exp(-\text{diff}/k \cdot T)$
 9. *if* rand < p *then* $x' \leftarrow x$;
 10. *end*
 11. *end*
 - end*
-


```

12.   |   |   |   end
13.   |   |   |   else it2 > n
14.   |   |   |   T = T*cr;
15.   |   |   |   if T < 1e-8 then break
16.   |   |   |   end
17.   |   |   |   end
18.   |   |   |   end
19.   |   |   |   until it = maxit;
20.   |   |   |   return x*
21.   |   |   |   end

```

Gambar 4.1 Pseudocode Algoritma SAVNS untuk Permasalahan VRPTW

4.4 Ilustrasi Penyelesaian Permasalahan *Vehicle Routing Problem with Soft Time Windows (VRPSTW)* Menggunakan SAVNS (*Simulated Annealing dan Variable Neighbourhood Search*)

Berikut ini adalah langkah-langkah penyelesaian permasalahan VRPTW menggunakan algoritma SAVNS :

Prosedur SAVNS untuk VRPSTW

1. Lakukan inisialisasi : jarak tempuh, waktu, maksimum iterasi, faktor reduksi temperatur, temperatur awal.

- a. Jarak tempuh (dist)

dist = matriks jarak antar konsumen (terintegrasi dengan Google Maps)

(Km)	Pool	Cust. 1	Cust. 2	Cust. 3	Cust. 4
Pool	0	8.9	6.7	6.9	7.8
Cust. 1	8.9	0	6.2	6.5	4.8
Cust. 2	6.7	6.2	0	0.55	3.9
Cust. 3	6.9	6.5	0.55	0	3.9
Cust. 4	7.8	4.8	3.9	3.9	0

b. Waktu

waktu = matriks waktu antar konsumen (terintegrasi dengan Google Maps)

(Minute)	Pool	Cust. 1	Cust. 2	Cust. 3	Cust. 4
Pool	0	24	17	16	18
Cust. 1	24	0	19	20	13
Cust. 2	17	19	0	2	11
Cust. 3	16	20	2	0	11
Cust. 4	18	13	11	11	0

c. Maksimum iterasi

maxit = 2

d. Faktor reduksi temperatur

cr = 0.99

e. Temperatur awal

T = 400

2. Bangkitkan solusi awal dengan cara mengambil nilai secara *random permutation* untuk x sebanyak matriks jumlah konsumen.

Rute Inisial <i>Random</i>				
From / To	Point 1	Point 2	Point 3	Point 4
pool	3	2	4	1

3. Hitung nilai f1 berdasarkan rute tiap konsumen yang telah dibangkitkan dengan informasi jarak yang telah ditetapkan.

Perhitungan Nilai f1					
<i>From / To</i>	<i>Point 1</i>	<i>Point 2</i>	<i>Point 3</i>	<i>Point 4</i>	f1
Pool	3	2	4	1	19.15

4. Tetapkan nilai f1 sebagai $f(x_1)$ dengan nilai sebesar 19.15 dan tetapkan iterasi $i = 1$.

5. Pilih kumpulan struktur *neighbourhood* (N_k) dengan melakukan *shake*. *Shake* yaitu membangkitkan nilai random untuk x_2 berdasarkan nilai N . Parameter N adalah populasi. Nilai random untuk x_2 yang telah dibangkitkan kemudian dilakukan perhitungan untuk nilai f2 seperti langkah 3.

Diketahui : nilai $N = 4$

Rute <i>Neighbourhood Shake</i>					
$N = 0$	<i>From / To</i>	<i>Point 1</i>	<i>Point 2</i>	<i>Point 3</i>	<i>Point 4</i>
$N = 1$	Pool	4	1	3	2
$N = 2$	Pool	1	3	4	2
$N = 3$	Pool	2	1	3	4
$N = 4$	Pool	2	3	4	1

Perhitungan Nilai f2						
$N = 0$	<i>From / To</i>	<i>Point 1</i>	<i>Point 2</i>	<i>Point 3</i>	<i>Point 4</i>	f2
$N = 1$	Pool	4	1	3	2	19.65
$N = 2$	Pool	1	3	4	2	23.2
$N = 3$	Pool	2	1	3	4	23.3
$N = 4$	Pool	2	3	4	1	18.95

6. Pilih nilai f_2 yang memiliki nilai terkecil untuk masing-masing k . Nilai f_2 untuk masing-masing k telah didapatkan kemudian pilih kembali nilai terkecil dan tetapkan f_2 menjadi $f(x_2)$. $f(x_2)$ bernilai 18.95 dengan rute sebagai berikut :

Pool	2	3	4	1
------	---	---	---	---

7. Bandingkan nilai $f(x_2)$ dengan *incumbent* jika nilai $f(x_2)$ tidak lebih baik maka lakukan kriteria Metropolis. Kriteria metropolis adalah membandingkan nilai *random* dengan nilai metropolis (P). Bilangan *random* $r = 0.89$.

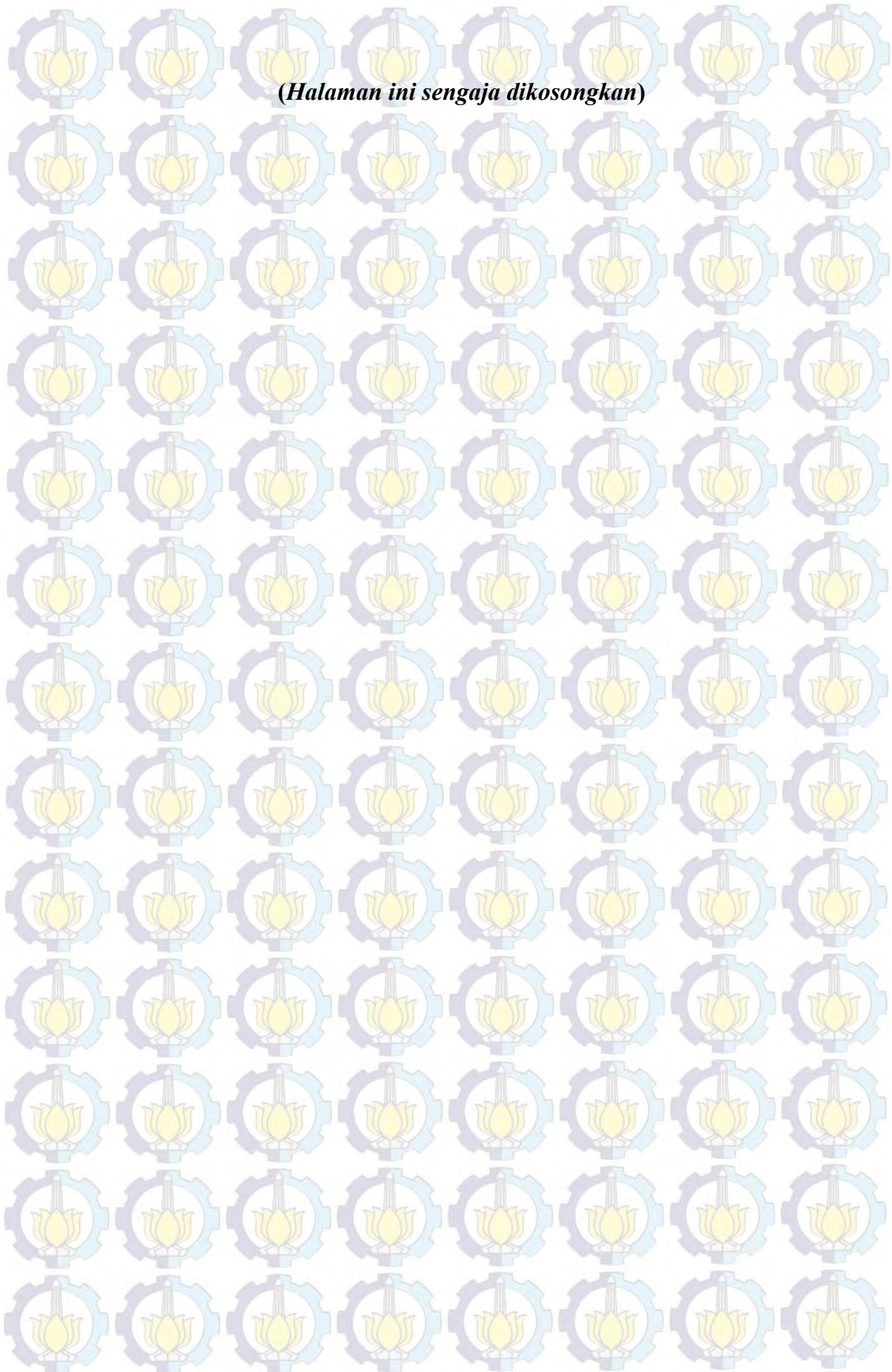
$$P(x_2) = e^{-\frac{\Delta f}{kT}} = e^{-\frac{0.5}{1 \cdot 400}} = 0.9987$$

Karena $0.89 \leq 0.9987$ maka nilai x_2 kita terima. Walaupun $f(x_2)$ lebih besar dari *incumbent* kita terima karena hal ini masih dalam tahap awal dimana temperatur masih tinggi.

8. Langkah berikutnya adalah masuk $i = 2$. Ulangi seperti langkah sebelumnya hingga iterasi mencapai maksimum iterasi.

9. Langkah 8, karena $i > \text{maxit}$, maka satu siklus iterasi untuk nilai T yang sekarang sudah selesai ($\text{maxit} = 2$), maka nilai T perlu direduksi menjadi $T = 0.99 \cdot 400 = 396$.

Proses ini dilanjutkan ke langkah 5 menggunakan T baru yang telah diperoleh. Proses diulang hingga kriteria penghentian tercapaiciapai.



BAB 5

EKSPERIMEN DAN ANALISIS

Bab eksperimen dan analisis ini menguraikan data yang digunakan, langkah-langkah pengujian performansi algoritma yang diusulkan, serta perbandingan performansi antara algoritma usulan dengan algoritma lain yang digunakan sebagai pembanding.

5.1 Data Primer

Penelitian ini menggunakan data primer berdasarkan pengamatan di PT. JOYFUL TRANS. Data primer penelitian ini menggunakan data *history* konsumen yang dilayani sebanyak kapasitas jenis kendaraan di PT. JOYFUL TRANS. Berikut ini adalah informasi data primer yang digunakan :

Tabel 5.1 Data Primer

Data Primer	Ukuran Kapasitas	Batasan <i>Time Windows</i>	Skenario
L300	8 penumpang (8x8)	2 jam	<i>Soft Time Windows</i>
ELF	14 penumpang (14x14)	3 jam	<i>Soft Time Windows</i>

Informasi jarak dan waktu terlampir pada bagian lampiran. Informasi tersebut diasumsikan tidak menggunakan *traffic* yang terintegrasi dengan Google Maps. Informasi berdasarkan Google Maps dipilih dari prioritas waktu terpendek (A01) dan prioritas jarak terpendek (A02).

5.2 Eksperimen

Proses eksperimen dilakukan untuk mengetahui performansi algoritma dalam menyelesaikan keseluruhan data primer. Sebelum langkah eksperimen dilakukan, proses validasi perlu dilakukan untuk mendapatkan hasil yang akurat. Proses validasi menggunakan data kecil yang diselesaikan juga dengan proses enumerasi sehingga solusi dari algoritma dapat dibandingkan dengan solusi optimal.

Algoritma *Simulated Annealing with Variable Neighbourhood Search* (SAVNS) dan algoritma pembanding yaitu *Simulated Annealing* (SA) diterjemahkan ke dalam bahasa pemrograman dengan menggunakan *software* MATLAB 7.6.0.324 (R2008a). Eksperimen dilakukan dengan menggunakan komputer dengan spesifikasi Intel® Core™2 Duo CPU 2.10 GHz, RAM 2048.

5.2.1 Validasi Algoritma

Tahap validasi ini menggunakan contoh permasalahan sederhana yaitu permasalahan *Travelling Salesman Problem* (TSP) yang diambil dari Santosa & Willy (2011). Contoh kasus TSP yang digunakan adalah untuk kasus 5 kota dan kelima kota hanya dikunjungi sekali. Berikut adalah informasi TSP untuk kasus 5 kota yang dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Contoh Kasus TSP 5 Kota

	Kota 1	Kota 2	Kota 3	Kota 4	Kota 5
Kota 1	0	132	217	164	58
Kota 2	132	0	290	201	79
Kota 3	217	290	0	113	303
Kota 4	164	201	113	0	196
Kota 5	58	79	303	196	0

(Sumber : Santosa & Willy, 2011)

Berdasarkan perhitungan Santosa & Willy (2011), hasil pada kasus TSP 5 kota yang diselesaikan dengan menggunakan algoritma *Simulated Annealing* (SA) sebagai algoritma pembanding untuk proses validasi dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Solusi Optimal Hasil Enumerasi Algoritma Pembanding dan Solusi SAVNS

Algoritma	Urutan Rute	Jarak Optimal
SA	5-2-4-3-1-5	668
SAVNS	5-2-4-3-1-5	668

Pengaturan parameter yang digunakan untuk algoritma *Simulated Annealing with Variable Neighbourhood Search* (SAVNS) dan algoritma pembanding adalah maksimum iterasi (maxit) sebesar 10, temperatur awal (T) sebesar 400, dan faktor reduksi temperatur (cr) 0.5. Pada kasus TSP 5 kota, penyelesaian dengan algoritma SAVNS menghasilkan solusi yang sama dengan solusi optimal hasil enumerasi. Sehingga algoritma SAVNS dapat dikatakan valid karena mampu menghasilkan solusi optimal yang sama dengan hasil enumerasi. Oleh karena itu, algoritma SAVNS dapat digunakan untuk menyelesaikan eksperimen pada permasalahan PT. JOYFUL TRANS.

5.2.2 Penentuan Parameter

Tahap penentuan parameter ini bertujuan untuk memperoleh hasil solusi yang terbaik karena parameter dapat mempengaruhi hasil solusi yang didapatkan. Proses ini dilakukan dengan melakukan pengujian kepada beberapa parameter yang berbeda. Penentuan parameter dilakukan untuk dua objek penelitian yaitu permasalahan dengan 8 titik (L300) dan 14 titik (ELF). Parameter yang diukur adalah nilai konvergensi, divergensi dan waktu komputasi. Parameter yang ditentukan, yaitu cr (faktor reduksi

temperatur), T (temperatur awal), Maxit (maksimum iterasi, n (siklus), N (populasi), dan P (solusi inisial). Berikut ini adalah penentuan parameter untuk 8 titik (L300).

Tabel 5.4 Hasil Penentuan Parameter cr dan T pada 8 titik (L300)

Parameter		Kinerja Parameter		
cr	T	Konvergensi (Km)	Divergensi (Km)	Waktu (detik)
0.1	100	23.43	18.05	0.00936
0.3		22.715	19.35	0.01248
0.5		0.201453488	18.4	0.01248
0.7		0.224127907	18.05	0.00936
0.9		0.289244186	19	0.01716
0.1	200	0.444767442	19.15	0.00936
0.3		0.324418605	18.35	0.01092
0.5		0.275	20.15	0.01248
0.7		0.307267442	19.05	0.0156
0.9		0.221802326	19.1	0.00468
0.1	300	0.361046512	18.4	0.00936
0.3		0.33255814	18.65	0.00624
0.5		0.274127907	19.5	0.00468
0.7		0.262209302	18.4	0.0156
0.9		0.252034884	18.5	0.01716
0.1	400	0.476453488	18.55	0.00624
0.3		0.257848837	18.65	0.0234
0.5		0.230813953	17.7	0.0156
0.7		0.190406977	17.85	0.00936
0.9		0.185465116	18.55	0.01872
Minimum		0.185465116	17.7	0.00468

Masing-masing penentuan parameter untuk keseluruhan baik algoritma SAVNS dan algoritma pembanding yaitu SA dilakukan pengujian sebanyak 10 replikasi. Permasalahan 8 titik (L300) diketahui solusi terbaik yang mampu diperoleh dari algoritma SAVNS sebesar 17,2. Konvergensi adalah rata-rata dari *fitness* yang dihasilkan mendekati dari sebaran solusi optimal. Divergensi adalah *fitness* terbaik

yang dihasilkan dari parameter yang ditentukan. Setelah dilakukan percobaan kemudian dipilih kombinasi $cr = 0.9$ dan $T = 400$ karena kombinasi tersebut menghasilkan konvergensi yang paling kecil meskipun nilai divergensi bukan yang terkecil. Kombinasi tersebut tetap dipilih karena solusi yang dihasilkan diharapkan mendekati solusi optimal dahulu baru dilihat persebarannya yang paling baik dan waktu komputasi yang paling kecil.

Untuk parameter maksimum iterasi (Maxit) dan siklus (n) juga ditentukan dengan cara yang sama. Parameter maksimum iterasi mampu mempengaruhi solusi optimal yang didapat, semakin besar iterasi maka semakin besar kemungkinan solusi lebih baik diperoleh. Parameter siklus mempengaruhi kinerja iterasi sehingga semakin besar siklus dapat memberikan tingkat ketelitian dari sebuah iterasi.

Tabel 5.5 Hasil Penentuan Parameter Maxit dan n pada 8 Titik (L300)

Parameter		Kinerja Parameter		
Maxit	n	Konvergensi (Km)	Divergensi (Km)	Waktu (detik)
100	1	0.29622093	19.45	0.01872
500		0.12005814	17.2	0.04836
1000		0.113081395	17.2	0.0702
1500		0.056686047	17.25	0.09672
2000		0.061918605	18	0.117
2500		0.077034884	17.25	0.12792
3000		0.066569767	17.75	0.16692
100	5	0.216860465	17.8	0.00936
500		0.102616279	17.8	0.03276
1000		0.093895349	18.05	0.06912
1500		0.082267442	17.7	0.10296
2000		0.055813953	17.7	0.12948
2500		0.052034884	17.2	0.16848
3000		0.047093023	17.2	0.14976
100	10	0.223255814	18.05	0.02028
500		0.120930233	18.05	0.039
1000		0.085465116	17.7	0.06552

Tabel 5.5 Hasil Penentuan Parameter Maxit dan n pada 8 Titik (L300) (Lanjutan)

Parameter		Kinerja Parameter		
Maxit	n	Konvergensi (Km)	Divergensi (Km)	Waktu (detik)
1500		0.075	17.7	0.09516
2000		0.044186047	17.2	0.12012
2500		0.049127907	17.2	0.15756
3000		0.055813953	17.2	0.18252
100	15	0.224709302	18.55	0.0156
500		0.083430233	17.75	0.039
1000		0.099127907	17.25	0.07176
1500		0.068313953	17.75	0.09984
2000		0.048546512	17.8	0.13572
2500		0.05494186	17.2	0.1638
3000		0.04505814	17.25	0.2028
100	20	0.274127907	19.8	0.01248
500		0.084593023	17.8	0.04056
1000		0.062209302	17.2	0.06708
1500		0.077325581	17.8	0.09984
2000		0.043895349	17.25	0.12792
2500		0.056976744	17.8	0.15444
3000		0.04244186	17.25	0.18252
Minimum		0.04244186	17.2	0.00936

Berdasarkan Tabel 5.5, hasil penentuan parameter Maxit dan n yang dipilih yaitu nilai Maxit sebesar 3000 dan n sebesar 20. Penentuan parameter N dilakukan untuk proses *shaking* pada algoritma SAVNS yang dapat dilihat pada Tabel 5.6. Parameter P merupakan parameter yang mempengaruhi solusi inisial dalam pencarian rute terdekat dan tidak acak sehingga proses pencarian akan lebih cepat.

Tabel 5.6 Hasil Penentuan Parameter N pada 8 Titik (L300)

Parameter		Kinerja Parameter		
N	P	Konvergensi (Km)	Divergensi (Km)	Waktu (detik)
1	1	0.04505814	17.7	0.17784
5	1	0.014244186	17.2	0.38844
10	1	0.006686047	17.2	0.62556
15	1	0.018895349	17.2	0.87048
20	1	0.000581395	17.2	1.10448
Minimum		0.000581395	17.2	0.17784

Penentuan parameter untuk permasalahan 8 titik (L300) dapat disimpulkan bahwa *set parameter* yang digunakan seperti yang tertera pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Parameter yang Digunakan pada 8 Titik (L300)

Set Parameter

Cr	0.9
T	400
Maxit	3000
N	20
N	20
P	1

Penentuan parameter yang telah dilakukan kemudian dapat digunakan untuk langkah eksperimen dalam membandingkan solusi algoritma yang diperoleh. Adapun penentuan parameter untuk permasalahan 14 titik (ELF) sebagai berikut.

Tabel 5.8 Hasil Penentuan Parameter cr dan T pada 14 Titik (ELF)

Parameter		Kinerja Parameter		
Cr	T	Konvergensi (Km)	Divergensi (Km)	Waktu (detik)
0.1	100	0.405098325	93.15	0.01716
0.3		0.343699927	82.4	0.02496
0.5		0.40611799	89.75	0.02028
0.7		0.343918427	84	0.01404
0.9		0.407865987	87.35	0.01716
0.1	200	0.374071377	83.65	0.0156
0.3		0.340422433	82.25	0.02184
0.5		0.3800437	87.4	0.01404
0.7		0.353168245	83.9	0.00936
0.9		0.417334304	92.15	0.01092
0.1	300	0.348273853	87.4	0.00936
0.3		0.400145666	92	0.01248
0.5		0.392789512	90.9	0.0156
0.7		0.361981063	86.65	0.02184
0.9		0.3800437	88.6	0.01404
0.1	400	0.346321923	85.65	0.01716
0.3		0.375091042	86.55	0.0156
0.5		0.385433358	87.4	0.01872
0.7		0.385506191	90.6	0.01404
0.9		0.409176985	89.25	0.01404
0.1	500	0.358485069	93.26	0.01716
0.3		0.391187181	92.15	0.01248
0.5		0.379752367	85.4	0.02496
0.7		0.390604516	89.75	0.02496
0.9		0.387327021	86.8	0.01248
0.1	600	0.377640204	81.95	0.01092
0.3		0.377640204	81.95	0.01092
0.5		0.402986162	91.05	0.01404
0.7		0.393517844	90.95	0.01404
0.9		0.368754552	90.5	0.01404
Minimum		0.340422433	81.95	0.00936

Permasalahan 14 titik (ELF) diketahui solusi terbaik yang mampu diperoleh dari algoritma SAVNS sebesar 68,8.

Tabel 5.9 Hasil Penentuan Parameter Maxit dan n pada 14 Titik (ELF)

Parameter		Kinerja Parameter		
Maxit	n	Konvergensi (Km)	Divergensi (Km)	Waktu (detik)
500	5	0.370793882	87.85	0.04368
1000		0.314712309	82.05	0.078
5000		0.293809177	80.5	0.32604
10000		0.244428259	78.65	0.64584
25000		0.237290605	80.5	1.61616
50000		0.220830299	79.1	3.354
100000		0.17822287	73.8	6.44436
500	10	0.34785142	85.9	0.04524
1000		0.345302258	86.05	0.06552
5000		0.260815732	78.05	0.33072
10000		0.26212673	82.45	0.65208
25000		0.226219956	79.7	1.65516
50000		0.197596504	77.75	3.21124
100000		0.182884195	75.75	6.47244
500	50	0.345083758	86.8	0.04524
1000		0.325564457	85.8	0.07488
5000		0.27618354	78.7	0.304824
10000		0.267225055	81.95	0.66768
25000		0.223670794	78.5	1.64268
50000		0.20793882	77.8	3.2994
100000		0.187399854	79.6	6.6768
500	100	0.367516387	86	0.039
1000		0.32425346	82.15	0.0702
5000		0.27596504	83.05	0.32916
10000		0.257756737	81.9	0.64896
25000		0.189876184	77.25	1.6692
50000		0.202330663	80.85	3.2838
100000		0.193080845	77.25	6.57852

Tabel 5.9 Hasil Penentuan Parameter σ dan T pada 14 Titik (ELF) (Lanjutan)

Parameter		Kinerja Parameter		
Maxit	n	Konvergensi (Km)	Divergensi (Km)	Waktu (detik)
50 0	250	0.333430444	86.1	0.03744
1000		0.330225783	87.4	0.07487
5000		0.274872542	81.3	0.34632
10000		0.250691916	77.55	0.7022
25000		0.227822287	82.15	1.70196
50000		0.182811362	77.5	3.20268
100000		0.169264385	76.15	6.435
500	500	0.351128915	89.15	0.039
1000		0.360233066	86.95	0.07956
5000		0.278441369	85.05	0.36348
10000		0.249599417	78.75	0.70668
25000		0.222068463	78.15	1.8252
50000		0.196576839	79.5	3.59268
100000		0.171813547	75.75	6.51144
500	1000	0.325564457	86.1	0.03588
1000		0.338164603	84.7	0.07332
5000		0.267516387	82.4	0.316756
10000		0.267443554	82.5	0.65052
25000		0.209249818	79.15	1.5678
50000		0.204734159	79.6	3.25728
100000		0.173415878	74.9	6.71268
Minimum		0.169264385	73.8	0.03588

Tabel 5.10 Hasil Penentuan Parameter N dan P pada 14 Titik (ELF)

Parameter		Kinerja Parameter		
N	P	Konvergensi (Km)	Divergensi (Km)	Waktu (detik)
5	1	0.165477058	78	20.01802
10		0.12811362	71.65	32.48096
25		0.1399126	75.15	69.32214
50		0.119446468	71.15	96.58646
5	250	0.145083758	73.4	7.31796
10		0.1401311	75.7	11.95906
25		0.141660597	75.6	25.43444

Tabel 5.10 Hasil Penentuan Parameter N dan P pada 14 Titik (ELF) (Lanjutan)

Parameter		Kinerja Parameter		
N	P	Konvergensi (Km)	Divergensi (Km)	Waktu (detik)
50	500	0.138237436	74.6	48.53346
5		0.162636562	76.2	7.41156
10		0.13197378	76.25	12.39946
25		0.118645302	73.55	26.08652
50		0.133503277	76.8	48.84702
5	10000	0.161179898	75.75	7.51608
10		0.151493081	75.7	12.15718
25		0.135542607	74.6	25.90244
50		0.133066278	74.95	48.63018
Minimum		0.118645302	71.15	7.31796

Penentuan parameter N dan P pada 14 titik (ELF) yaitu N(25) dan P(1000). Penentuan parameter untuk permasalahan 14 titik (ELF) dapat disimpulkan bahwa *set parameter* yang digunakan seperti yang tertera pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11 Parameter yang Digunakan pada 14 Titik (ELF)

Set Parameter

cr	0.3
T	200
Maxit	50000
n	250
N	25
P	500

5.2.3 Hasil Eksperimen

Hasil eksperimen 8 titik (L300) untuk masing-masing prioritas A01 dan A02 dapat dilihat pada Tabel 5.12 dan Tabel 5.13. Eksperimen dilakukan dengan membandingkan kinerja dari set parameter yang telah dibandingkan pada algoritma

Simulated Annealing dan algoritma Simulated Annealing with Variable Neighbourhood Search.

Tabel 5.12 Hasil Pengujian pada 8 Titik (L300-A01)

SA					SAVNS				
Replikasi	Total Jarak (Km)	wt (min.)	t (detik)	Solusi Terbaik (Km)	Replikasi	Total Jarak (Km)	wt (min.)	t (detik)	Solusi Terbaik (Km)
1	22.05	58	17.89	17.2	1	17.2	44	1.10	17.2
2	19.15	49	29.35		2	17.25	44	1.09	
3	21.15	53	13.75		3	17.2	44	1.09	
4	21.7	55	41.41		4	17.2	44	1.09	
5	20.45	53	18.17		5	17.2	44	1.13	
6	18.65	48	36.31		6	17.2	44	1.1	
7	20.25	49	16.06		7	17.2	44	1.13	
8	18.55	49	16.27		8	17.2	44	1.07	
9	22.85	57	42.01		9	17.2	44	1.1	
10	20.85	52	15.92		10	17.25	44	1.09	
Rata-rata	20.56	52	24.71		Rata-rata	17.21	44	1.1	
Gap (%)	19.56				Gap (%)	0.05			
Terbaik	18.55	48	13.75		Terbaik	17.2	44	1.07	
Gap	1.35				Gap	0			

Tabel 5.13 Hasil Pengujian pada 8 Titik (L300-A02)

SA					SAVNS				
Replikasi	Total Jarak (Km)	wt (min.)	t (detik)	Solusi Terbaik (Km)	Replikasi	Total Jarak (Km)	wt (min.)	t (detik)	Solusi Terbaik (Km)
1	17.85	56	47.87	16.65	1	16.65	52	1.23	16.65
2	19.4	61	42.25		2	17.2	44	1.27	
3	20.5	63	22.15		3	17	53	1.31	
4	17.8	55	106.03		4	17	53	1.21	
5	19	60	20.24		5	16.65	52	1.31	
6	21.25	61	27.11		6	16.65	52	1.27	
7	19.15	58	30.7		7	17	53	1.27	

Tabel 5.13 Hasil Pengujian pada 8 Titik (L300-A02) (Lanjutan)

SA					SAVNS				
Replikasi	Total Jarak (Km)	wt (min.)	t (detik)	Solusi Terbaik (Km)	Replikasi	Total Jarak (Km)	wt (min.)	t (detik)	Solusi Terbaik (Km)
8	21.1	67	10.4		8	16.65	52	1.26	
9	17.25	53	29.65		9	17.2	44	1.29	
10	19	60	38.09		10	16.65	52	1.24	
Rata-rata	19.23	59	37.45		Rata-rata	16.86	51	1.27	
Gap (%)	15.49				Gap (%)	1.29			
Terbaik	17.25	53	10.4		Terbaik	16.65	52	1.21	
Gap	0.6				Gap	0			

Adapun hasil eksperimen 14 titik (ELF) untuk masing-masing prioritas A01 dan A02 yang membandingkan antara kedua algoritma dapat dilihat pada Tabel 5.14 dan Tabel 5.15.

Tabel 5.14 Hasil Pengujian pada 14 Titik (ELF-A01)

SA					SAVNS				
Replikasi	Total Jarak (Km)	wt (min.)	t (detik)	Solusi Terbaik (Km)	Replikasi	Total Jarak (Km)	wt (min.)	t (detik)	Solusi Terbaik (Km)
1	96.3	234	741.5	68.8	1	73	176	84.72	68.8
2	101.35	231	1454.5		2	73	177	85.34	
3	86.5	200	2257.6		3	72.5	174	86.87	
4	89.75	219	1429.2		4	72.75	174	82.78	
5	87.5	203	1241.2		5	71.2	174	83.92	
6	105.75	242	1144.8		6	68.8	166	85.36	
7	86.1	202	1140.7		7	71.35	171	83.92	
8	89.75	219	3741.9		8	70.9	167	85.34	
9	89.75	219	1479		9	73.15	175	84.72	
10	87.5	203	1323.1		10	70.65	171	84.72	
Rata-rata	92.02	217.2	1595.35		Rata-rata	71.73	172.5	84.77	
Gap (%)	33.75				Gap (%)	4.25			
Terbaik	86.1	200	741.5		Terbaik	68.8	166	82.78	
Gap	17.3				Gap	0			

Tabel 5.15 Hasil Pengujian pada 14 Titik (ELF-A02)

SA					SAVNS				
Replikasi	Total Jarak (Km)	wt (min.)	t (detik)	Solusi Terbaik (Km)	Replikasi	Total Jarak (Km)	wt (min.)	t (detik)	Solusi Terbaik (Km)
1	99.1	240	755.013	68.7	1	71.05	174	127.76	68.7
2	83.7	211	1221.6		2	70.45	182	128.66	
3	96.9	235	1657.9		3	68.75	177	128.54	
4	84.85	210	1484.2		4	70.15	180	129.01	
5	93.45	226	3550.1		5	69.65	178	127.95	
6	88.2	226	793.57		6	69.75	173	128.79	
7	84.3	199	2091.1		7	69.4	179	130.6	
8	87.9	222	927.45		8	70.55	183	127.93	
9	90.4	215	1424.1		9	68.7	176	128.07	
10	89.7	219	1987.6		10	69.6	179	128.84	
Rata-rata	89.85	220.3	1589.26		Rata-rata	69.805	178.1	128.61	
Gap (%)	0.3				Gap (%)	1.6			
Terbaik	83.7	199	755.01		Terbaik	68.7	173	127.76	
Gap	15				Gap	0			

5.3 Analisis

Analisis pada tahapan ini adalah penelusuran kinerja dari set parameter yang telah ditentukan dan telah diuji. Analisis pada penelitian ini terdiri dari analisis performansi, analisis *time windows*, dan analisis biaya.

5.3.1 Analisis Performansi pada 8 Titik (L300)

Berdasarkan hasil eksperimen untuk 8 titik (L300) pada Tabel 5.12 dalam 10 kali percobaan, algoritma SA memiliki persebaran yang luas dan tidak stabil (*steady state*) dibandingkan dengan algoritma SAVNS yang menghasilkan hasil yang stabil. Algoritma SAVNS memiliki kelebihan yang tidak dimiliki oleh SA yaitu terletak pada mekanisme pembangkitkan vektor baru sebagai pembanding solusi awal.

Pembangkitan vektor baru bertujuan sebagai rentang ruang pencarian dari lingkungan pada solusi awal (N_k) sehingga algoritma SAVNS mampu unggul dalam pencarian nilai yang stabil. Dalam eksperimen yang dilakukan SA memiliki nilai *gap* 0,19 yang memiliki arti jauh dari persebaran anggota yang besar. Dengan kata lain untuk mencapai *gap* yang mendekati 0 maka set parameter harus semakin lebih besar.

Permasalahan waktu komputasi algoritma SA lebih lama dengan nilai rata-rata 24,71 detik jika dibandingkan dengan algoritma SAVNS dengan nilai rata-rata 1,11 detik. Waktu komputasi untuk algoritma SA lebih lama karena pada algoritma SAVNS memiliki mekanisme *shake* yang berbeda. *Shake* pada algoritma SA merupakan tipe *shake traditional based*, sedangkan untuk algoritma SAVNS memiliki tipe *shake operator based*. *Shake* pada algoritma SAVNS berpengaruh terhadap parameter populasi yang tidak dimiliki oleh algoritma SA, yang artinya semakin banyak jumlah populasi maka nilai dari solusi x' akan memiliki peluang yang besar untuk mendapatkan nilai yang lebih kecil.

5.3.2 Analisis Performansi pada 14 Titik (ELF)

Pada Tabel 5.14 dapat diketahui bahwa *set parameter* yang tinggi disesuaikan dengan permasalahan yang sama yaitu *large case*. Algoritma SAVNS mampu mencapai solusi terbaik sebesar 68,8 dan nilai solusi tersebut dijadikan sebagai acuan untuk mendapatkan nilai *gap*. Untuk *gap* solusi yang diperoleh, algoritma SA masih memiliki permasalahan yang sama dengan permasalahan 8 titik yaitu untuk mencapai *gap* yang mendekati 0 maka set parameter harus semakin lebih besar. Set parameter yang semakin besar mengakibatkan waktu komputasi yang besar juga seperti yang dialami algoritma SA menghasilkan rata-rata waktu komputasi 1595,35 detik berbeda dibandingkan algoritma SAVNS. Algoritma SAVNS mampu menghasilkan solusi yang stabil dan waktu komputasi cepat dengan permasalahan 14 titik atau matriks 14 x 14 dengan rata-rata sebesar 84,78 detik.

5.3.3 Analisis *Time Windows*

Analisis *time windows* pada penelitian ini adalah mengetahui apakah algoritma ini mampu memberikan kontribusi dalam permasalahan pencarian solusi terbaik dengan batasan waktu tempuh pada studi kasus PT. JOYFUL TRANS.

Berdasarkan hasil eksperimen pada Tabel 5.12, permasalahan 8 titik pada algoritma SAVNS memiliki pencarian jarak tempuh terbaik sebesar 17,2 Km dengan waktu tempuh terbaik sebesar 44 menit. Solusi yang dihasilkan untuk permasalahan 8 titik tidak melewati batas waktu permasalahan sebesar 120 menit. Untuk permasalahan 14 titik dapat dilihat pada Tabel 5.14 yang menghasilkan pencarian jarak tempuh terbaik sebesar 68,8 Km dengan waktu tempuh terbaik sebesar 166 menit. Solusi yang dihasilkan untuk permasalahan 14 titik tidak melewati batas waktu permasalahan sebesar 180 menit.

5.3.4 Analisis Biaya

Pada analisis biaya ini dilakukan untuk menjelaskan total biaya yang dihasilkan dari hasil eksperimen. Berikut ini terdapat rangkuman mengenai solusi terbaik yang dihasilkan oleh SAVNS dengan informasi total biaya operasi yang dikeluarkan.

Tabel 5.16 Solusi Terbaik pada 8 Titik (L300-A01)

	SA	SAVNS
Total jarak (Km)	18.55	17.2
Waktu Tempuh Terbaik (<i>min.</i>)	48	44
Rute Terbaik	Pool-3-8-7-2-5-6-4-1	Pool-3-7-2-8-5-4-6-1
Biaya (Rp)	54390	48840
Menghemat Biaya (%)	11.36	

Tabel 5.17 Solusi Terbaik pada 8 Titik (L300-A02)

	SA	SAVNS
Total jarak (Km)	17.25	16.65
Waktu Tempuh Terbaik (<i>min.</i>)	53	52
Rute Terbaik	Pool-2-7-3-8-5-4-6-1	Pool-3-2-7-8-5-4-6-1
Biaya (Rp)	58830	57720
Menghemat Biaya (%)	1.92	

Tabel 5.18 Solusi Terbaik pada 14 Titik (ELF-A01)

	SA	SAVNS
Total jarak (Km)	86.1	68.8
Waktu Tempuh Terbaik (<i>min.</i>)	200	166
Rute Terbaik	Pool-9-12-10-11-7-6-14-2-1-5-13-4-3-8	Pool-8-3-4-9-13-5-1-2-6-10-12-11-7-14
Biaya (Rp)	224220	183150
Menghemat Biaya (%)	22.42	

Tabel 5.19 Solusi Terbaik pada 14 Titik (ELF-A02)

	SA	SAVNS
Total jarak (Km)	83.7	68.7
Waktu Tempuh Terbaik	211	176
Rute Terbaik	Pool-8-1-5-3-13-2-6-9-4-10-12-11-7-14	Pool-8-3-4-9-5-1-2-13-6-10-12-11-7-14
Biaya	234210	195360
Menghemat Biaya (%)	19.88	

Tabel 5.16 dan Tabel 5.17 menjelaskan tentang perbandingan solusi pada permasalahan 8 titik (L300) berdasarkan prioritas yang dipilih saat terintegrasi dengan Google Maps. Total biaya yang dapat dianalisis yaitu prioritas waktu terpendek (A01) lebih murah dengan penghematan biaya sebesar 11,36 % dibandingkan prioritas jarak terpendek (A02) meskipun dari segi jarak tempuh A01 lebih jauh. A01 lebih jauh

dibandingkan A02 namun waktu tempuh A01 lebih singkat, hal ini menyebabkan total biaya konsumsi bahan bakar yang dikeluarkan lebih sedikit.

Tabel 5.18 dan Tabel 5.19 diketahui bahwa total biaya pada permasalahan 14 titik (ELF) juga menghasilkan penghematan biaya pada A01 sebesar 22,42 % dibandingkan A02 sebesar 19,88 %. Letak perbedaan penghematan biaya untuk kedua permasalahan tersebut dikarenakan matriks jarak yang berbeda sedikit namun matriks waktunya memiliki perbedaan yang besar.

BAB 6

KESIMPULAN DAN PENELITIAN LANJUTAN

Bab kesimpulan dan penelitian lanjutan ini menjelaskan mengenai kesimpulan-kesimpulan yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan dan juga saran yang dapat dijadikan sebagai acuan untuk perbaikan ataupun pengembangan pada penelitian selanjutnya.

6.1 Kesimpulan

Berikut ini terdapat kesimpulan yang diperoleh setelah melakukan penelitian :

1. Algoritma *hybridizing Simulated Annealing with Variable Neighbourhood Search* (SAVNS) telah berhasil dikembangkan yang mampu menyelesaikan permasalahan *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW).
2. Algoritma SAVNS mampu menghasilkan solusi yang stabil (*steady state*) dengan indikator rata-rata *gap* mendekati nol untuk masing-masing permasalahan. *Gap* terbaik yang dihasilkan SAVNS yaitu 1,29 % untuk permasalahan 8 titik dan *gap* yang tertinggi sebesar 1,6 % untuk permasalahan 14 titik.
3. Algoritma SAVNS menghasilkan solusi dengan rata-rata waktu komputasi sebesar 1,11 detik menghasilkan penghematan biaya sebesar 11,36 % untuk permasalahan 8 titik. Untuk permasalahan 14 titik menghasilkan solusi dengan rata-rata waktu komputasi sebesar 84,8 detik dan menghemat biaya sebesar 22,42 %.

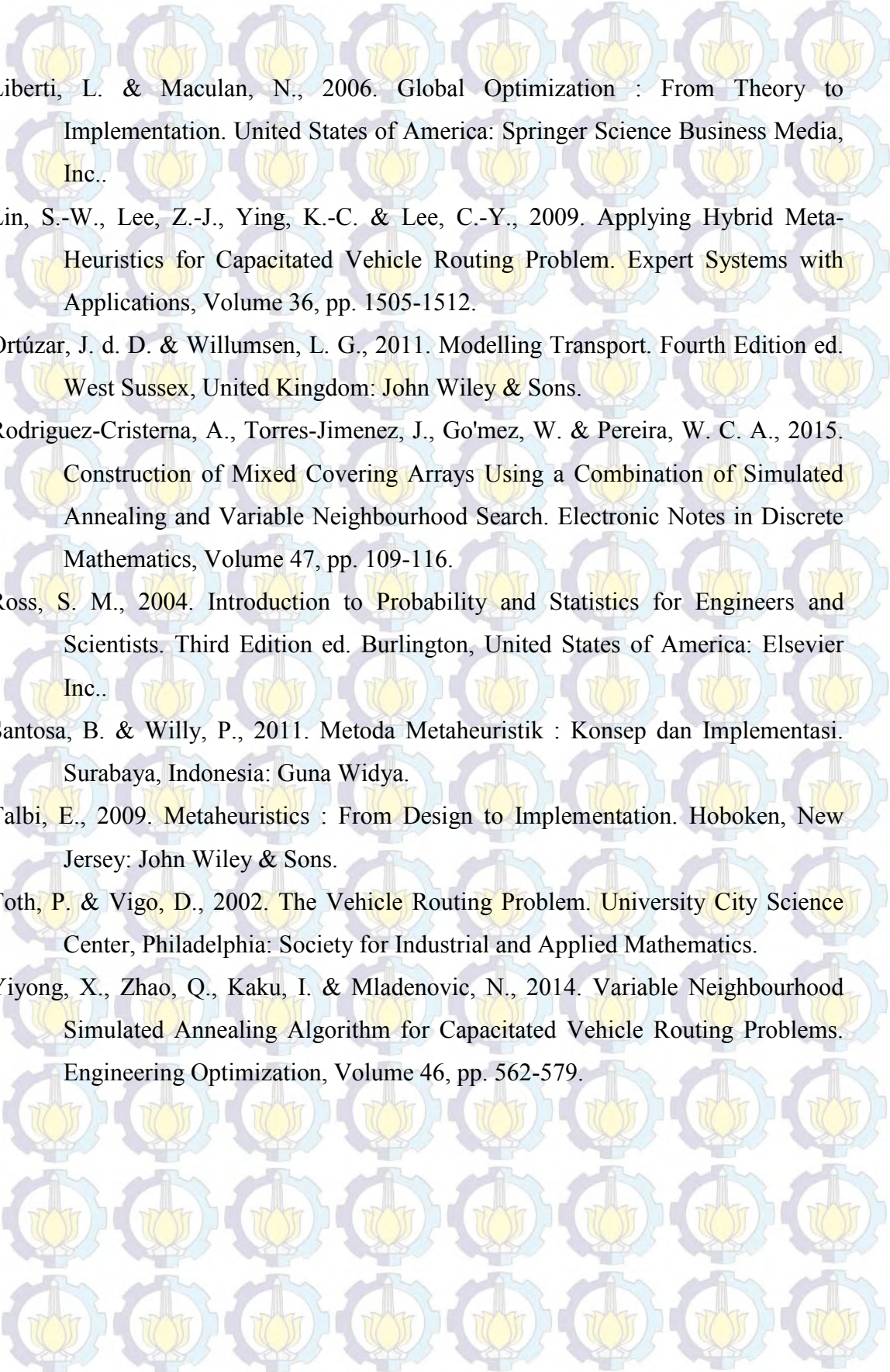
6.2 Penelitian Lanjutan

Saran yang diusulkan sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

1. Algoritma SAVNS perlu diterapkan pada permasalahan *large case* atau matriks yang lebih besar, sehingga nantinya mampu dibandingkan dengan algoritma lainnya untuk mengetahui seberapa besar performansi yang dapat dihasilkan untuk algoritma SAVNS.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbasi, B., Niaki, S. T. A., Khalife, M. A. & Faize, Y., 2011. A Hybrid Variable Neighbourhood Search and Simulated Annealing Algorithm to Estimate The Three Parameters of The Weibull Distribution. *Expert Systems with Applications*, Volume 38, pp. 700-708.
- Alba, E., 2005. *Parallel Metaheuristics : A New Class of Algorithms*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.
- Baldacci, R., Battara, M. & Vigo, D., 2008. *The Vehicle Routing Problem : Latest Advances and New Challenges*. New York, United States of America: Springer Science+Business Media, LLC.
- Baños, R. et al., 2013. A Hybrid Meta-Heuristic for Multi-objective Vehicle Routing Problems with Time Windows. *Computers & Industrial Engineering*, Volume 65, pp. 286-296.
- Belhaiza, S., Hasen, P. & Laporte, G., 2014. A Hybrid Variable Neighbourhood Tabu Search Heuristic for The Vehicle Routing Problem with Multiple Time Windows. *Computers & Operations Research*, Volume 52, p. 269–281.
- Brito, S. S. et al., 2012. A SA-VNS Approach for The High School Timetabling Problem. *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, Volume 39, pp. 169-176.
- Gebhard, P., 2012. *The Vehicle Routing Problem with Compartments*. Algorithm and Complexity Group, Volume 7.
- Goksal, F. P., Karaoglan, I. & Altiparmak, F., 2013. A Hybrid Discrete Particle Swarm Optimization for Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickup and Delivery. *Computer & Industrial Engineering*, Volume 65, pp. 39-53.
- Hosny, M. I. & Mumford, C. L., 2010. The Single Vehicle Pickup and Delivery Problem with Time Windows : Intelligent Operators for Heuristic and Metaheuristic Algorithms. *Journal of Heuristic*, Volume 16, pp. 417-439.

- 
- Liberti, L. & Maculan, N., 2006. Global Optimization : From Theory to Implementation. United States of America: Springer Science Business Media, Inc..
- Lin, S.-W., Lee, Z.-J., Ying, K.-C. & Lee, C.-Y., 2009. Applying Hybrid Meta-Heuristics for Capacitated Vehicle Routing Problem. Expert Systems with Applications, Volume 36, pp. 1505-1512.
- Ortúzar, J. d. D. & Willumsen, L. G., 2011. Modelling Transport. Fourth Edition ed. West Sussex, United Kingdom: John Wiley & Sons.
- Rodriguez-Cristerna, A., Torres-Jimenez, J., Go'mez, W. & Pereira, W. C. A., 2015. Construction of Mixed Covering Arrays Using a Combination of Simulated Annealing and Variable Neighbourhood Search. Electronic Notes in Discrete Mathematics, Volume 47, pp. 109-116.
- Ross, S. M., 2004. Introduction to Probability and Statistics for Engineers and Scientists. Third Edition ed. Burlington, United States of America: Elsevier Inc..
- Santosa, B. & Willy, P., 2011. Metoda Metaheuristik : Konsep dan Implementasi. Surabaya, Indonesia: Guna Widya.
- Talbi, E., 2009. Metaheuristics : From Design to Implementation. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.
- Toth, P. & Vigo, D., 2002. The Vehicle Routing Problem. University City Science Center, Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics.
- Yiyong, X., Zhao, Q., Kaku, I. & Mladenovic, N., 2014. Variable Neighbourhood Simulated Annealing Algorithm for Capacitated Vehicle Routing Problems. Engineering Optimization, Volume 46, pp. 562-579.

LAMPIRAN

A. Lampiran Code MATLAB Algoritma SAVNS

```
function [xopt,fx,wt,t,cost]=SA11d(dist,waktu,maxit,cr,T)
%OUTPUT
%xopt=rute
%fx=total jarak
%t=waktu komputasi
%wt=waktu tempuh kunjungi tiap customer
%cost=total biaya

%INPUT
%dist=matrix jarak
%maxit=maksimum iterasi
%n=siklus
%cr=faktor reduksi temperature (0-1)
%N=populasi

%INITIALIZATION
jarlit=8; %ratio konsumsi bbm per km
n=250;
k=1; %konstanta boltzman

t=cputime;
[r,c]=size(dist);
nc=c; %number of city
%langkah1-euclidean
pool=[5.9 6.7 2.8 3.6 5.2 8.9 11.6 1.6 2.6 9.7 17.2 10.8
8.4 14.8];
```



```

a=pool./sum(pool);
[min1 perm]=sort(a,2);
rute=perm;

%langkah2-memisahkan titik1 dan titik pengikutnya
titikawal=[perm(1:1)];
titikberikut=[perm(2:nc)];

%langkah3-shifting urutan dari titikberikut
p=500;
kl=zeros(p,1);
for mn=1:p
    kl(mn,1)=titikawal;
end
h=zeros(p,nc-1);
for y=1:p
    o=randperm(nc-1);
    for nn=1:nc-1
        h(y,o(nn))=titikberikut(nn);
    end
end
gabung=[kl h];

for j=1:p
    jarakawal=0;
    jarakawal=jarsa(gabung(j,:),dist);
    if j==1
        minjarak = 0;

```



```

        idx=0;
        minjarak = jarakawal;
        idx=j;
    end
    if j>1
        if minjarak<jarakawal
            minjarak = minjarak;
        end
        if minjarak==jarakawal
            minjarak = minjarak;
        end
        if minjarak>jarakawal
            minjarak = jarakawal;
            idx=j;
        end
    end
    jarakawal = minjarak;
end
rute=gabung(idx,:);
jarak=jarakawal;
it=1;
it2=0;
%rute
while it<maxit
    N=25;
    q=mod(bsxfun(@plus, randperm(nc),
        transpose(randperm(N))),
        nc) + 1; %shake
    %for untuk mencari jarsaminimum

```



```

for j=1:N
    jarak1=0;
    jarak1=jarsa(q(j,:),dist);

    if j==1
        minjarak1 = 0;
        idx=0;
        minjarak1 = jarak1;
        idx=j;
    end
    if j>1
        if minjarak1<jarak1
            minjarak1 = minjarak1;
        end
        if minjarak1==jarak1
            minjarak1 = minjarak1;
        end
        if minjarak1>jarak1
            minjarak1 = jarak1;
            idx=j;
        end
    end
    jarak1 = minjarak1;
end
rute_vns=q(idx,:);
jarak_vns=jarak1;

%it2
%q
%jarak_vns
%rute_vns

```



```

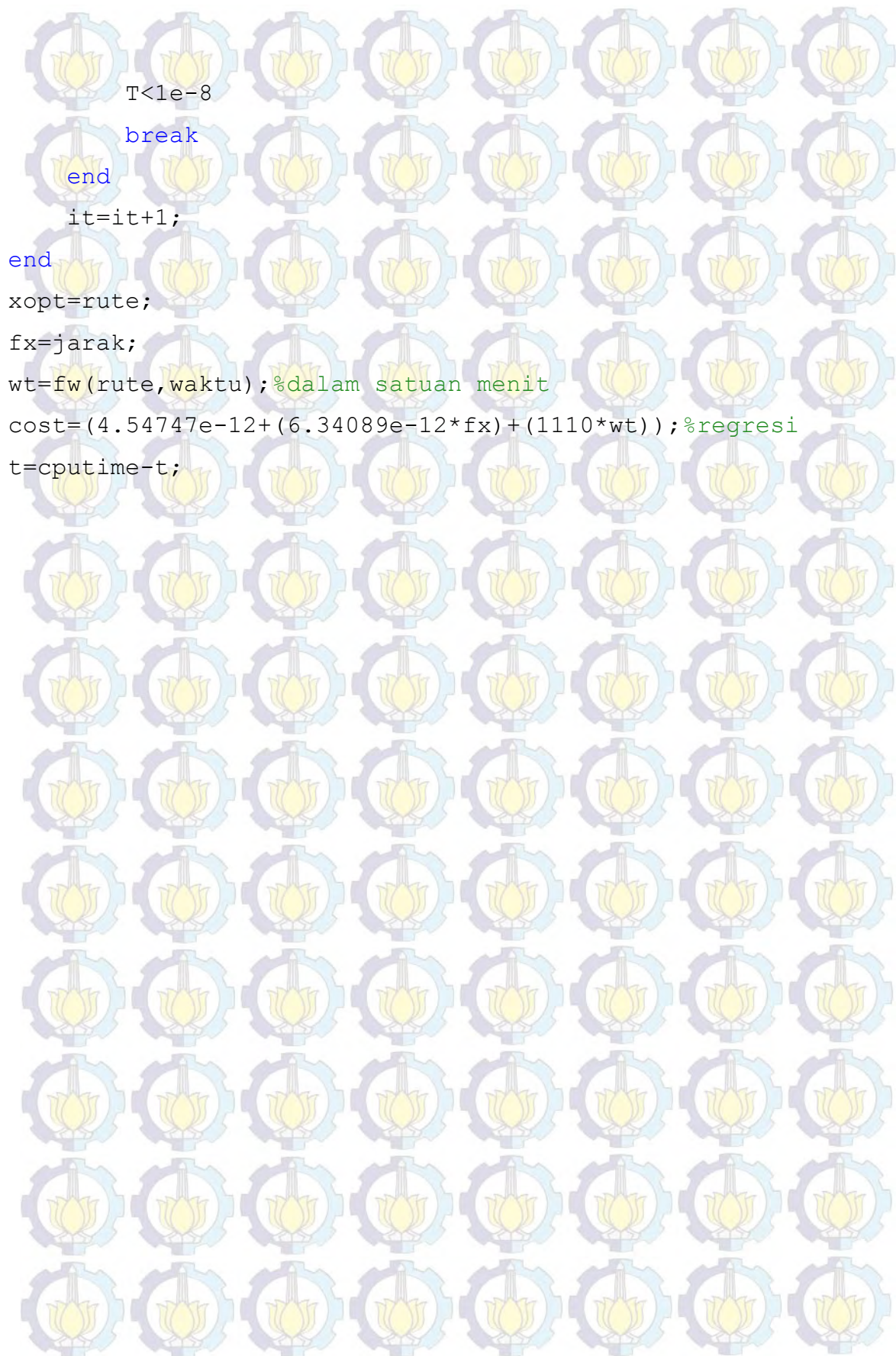
if jarak_vns < jarak
    jarak = jarak_vns;
    %rute_vns
    rute = rute_vns;
    %rute

    if it2 >= n
        T = T * cr;
        it2 = 0;
    end
    it = it + 1;
    it2 = it2 + 1;

    %Masuk mekanisme metropolis
else %gunakan kriteria metropolis
    diff = abs(jarak_vns - jarak);
    p = exp(-diff / k * T);
    if rand < p;
        rute = rute_vns;
        jarak = jarak_vns;
        it = it + 1;
        it2 = it2 + 1;
    end
end

%jarak
%jarak_vns
if it2 > n
    T = T * cr;
    it = 1;

```

```
T<1e-8
break
end
it=it+1;
end
xopt=rute;
fx=jarak;
wt=fw(rute,waktu);%dalam satuan menit
cost=(4.54747e-12+(6.34089e-12*fx)+(1110*wt));%regresi
t=cputime-t;
```


B. Lampiran Data Set

1. L300

Distance

Prioritas Waktu Terpendek (A01)

	Pool	1	2	3	4	5	6	7	8
Pool	0	9.2	6.9	6.9	7.8	7.8	7.4	7.2	7.4
1	9.2	0	6.4	6.6	4.8	7.3	4.4	6.7	7.1
2	6.9	6.4	0	6.9	3.9	1.1	4.2	0.35	0.8
3	6.9	6.6	6.9	0	3.9	1.2	4.3	0.7	0.85
4	7.8	4.8	3.9	3.9	0	3.2	0.5	3.7	3.4
5	7.8	7.3	1.1	1.2	3.2	0	3.6	0.8	0.35
6	7.4	4.4	4.2	4.3	0.5	3.6	0	4	3.7
7	7.2	6.7	0.35	0.7	3.7	0.8	4	0	0.45
8	7.4	7.1	0.8	0.85	3.4	0.35	3.7	0.45	0

Prioritas Jarak Terpendek (A02)

	Pool	1	2	3	4	5	6	7	8
Pool	0	8.9	6.9	6.9	7.8	7.8	7.4	7.2	7.4
1	8.9	0	6.3	6.5	4.8	7.3	4.4	6.6	7
2	6.9	6.3	0	0.5	3.9	1.1	4.2	0.35	0.8
3	6.9	6.5	0.5	0	3.9	1.2	4.3	0.7	0.85
4	7.8	4.8	3.9	3.9	0	3.2	0.5	3.7	3.4
5	7.8	7.3	1.1	1.2	3.2	0	3.6	0.8	0.35
6	7.4	4.4	4.2	4.3	0.5	3.6	0	4	3.7
7	7.2	6.6	0.35	0.7	3.7	0.8	4	0	0.45
8	7.4	7	0.8	0.85	3.4	0.35	3.7	0.45	0

Time**Prioritas Waktu Terpendek (A01)**

	Pool	1	2	3	4	5	6	7	8
Pool	0	19	14	14	17	17	16	15	15
1	19	0	14	15	12	16	11	15	16
2	14	14	0	2	10	4	12	1	3
3	14	15	2	0	11	4	12	2	3
4	17	12	10	11	0	10	2	10	10
5	17	16	4	4	10	0	11	3	1
6	16	11	12	12	2	11	0	12	11
7	15	15	1	2	10	3	12	0	2
8	15	16	3	3	10	1	11	2	0

Prioritas Jarak Terpendek (A02)

	Pool	1	2	3	4	5	6	7	8
Pool	0	21	14	14	17	17	16	15	15
1	21	0	17	17	12	16	11	15	18
2	14	17	0	2	10	4	12	1	3
3	14	17	2	0	11	4	12	2	3
4	17	12	10	11	0	10	11	3	1
5	17	16	4	4	10	0	11	3	1
6	16	11	12	12	11	11	0	12	11
7	15	15	1	2	3	3	12	0	2
8	15	18	3	3	1	1	11	2	0

2. ELF

Distance

Prioritas Waktu Terpendek (A01)

	Pool	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Pool	0	5.9	6.7	2.8	3.6	5.2	8.9	11.6	1.6	2.6	10.5	17.2	12.2	8.4	14.8
1	5.9	0	1.9	4.4	7.1	2.2	5.8	8.9	6.3	5.7	5.9	12.2	7.7	9.9	18.9
2	6.7	1.9	0	4.2	7	2	5.4	8.6	6.4	5.2	5.5	11.9	7.1	9.8	12.9
3	2.8	4.4	4.2	0	2.8	3.8	8.7	11.5	4.3	0.95	8	18.6	9	8.3	14.7
4	3.6	7.1	7	2.8	0	6.4	11.3	17.5	4.6	1.8	13.2	17.2	12.8	10.9	23.9
5	5.2	2.2	2	3.8	6.4	0	7.7	10.1	5.3	3.5	6.1	13.7	9.2	8.9	20.4
6	8.9	5.8	5.4	8.7	11.3	7.7	0	3.5	9.1	9.8	3.9	10.2	5.6	12.5	8.9
7	11.6	8.9	8.6	11.5	17.5	10.1	3.5	0	11.6	12.2	5.1	7.6	6.8	14.9	8.4
8	1.6	6.3	6.4	4.3	4.6	5.3	9.1	11.6	0	3.8	10.3	17.9	11.3	9.1	15.5
9	2.6	5.7	5.2	0.95	1.8	3.5	9.8	12.2	3.8	0	9.2	16.8	9.2	9.5	15.9
10	10.5	5.9	5.5	8	13.2	6.1	3.9	5.1	10.3	9.2	0	7.5	2.9	14.8	12.1
11	17.2	12.2	11.9	18.6	17.2	13.7	10.2	7.6	17.9	16.8	7.5	0	8	24.7	15.9
12	12.2	7.7	7.1	9	12.8	9.2	5.6	6.8	11.3	9.2	2.9	8	0	15.8	13.2
13	8.4	9.9	9.8	8.3	10.9	8.9	12.5	14.9	9.1	9.5	14.8	24.7	15.8	0	15.1
14	14.8	18.9	12.9	14.7	23.9	20.4	8.9	8.4	15.5	15.9	12.1	15.9	13.2	15.1	0

Prioritas Jarak Terpendek (A02)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0	0	5.9	6.7	2.8	3.6	5.2	8.9	11.6	1.6	2.6	9.7	17.2	10.8	8.4	14.8
1	5.9	0	1.9	4.4	7.1	2.2	5.8	8.9	6.3	5.7	5.9	12.2	7.5	9.9	13
2	6.7	1.9	0	4.2	7	2	5.1	8.5	6.2	5.2	5.5	11.9	7.1	9.8	12.9

3	2.8	4.4	4.2	0	2.8	3.8	8.7	11.5	4.3	0.95	8	15.3	9	8.3	14.7
4	3.6	7.1	7	2.8	0	6.4	11.3	14.1	4.6	1.8	10.6	17.2	11.9	10.9	17.3
5	5.2	2.2	2	3.8	6.4	0	7.7	10.1	5.3	3.5	6.1	13.4	7.2	8.9	13.6
6	8.9	5.8	5.1	8.7	11.3	7.7	0	3.5	9.1	9.8	3.9	10.2	5.6	12.5	7.9
7	11.6	8.9	8.5	11.5	14.1	10.1	3.5	0	11.6	11.7	5.1	7.5	6.8	14.9	6.8
8	1.6	6.3	6.2	4.3	4.6	5.3	9.1	11.6	0	3.8	10.3	17.9	11.3	9.1	15.5
9	2.6	5.7	5.2	0.95	1.8	3.5	9.8	11.7	3.8	0	9.2	16.8	9.2	9.5	15.9
10	9.7	5.9	5.5	8	10.6	6.1	3.9	5.1	10.3	9.2	0	7.5	2.1	14.8	12.1
11	17.2	12.2	11.9	15.3	17.2	13.4	10.2	7.5	17.9	16.8	7.5	0	8	21.15	13.6
12	10.8	7.5	7.1	9	11.9	7.2	5.6	6.8	11.3	9.2	2.1	8	0	15.8	13.2
13	8.4	9.9	9.8	8.3	10.9	8.9	12.5	14.9	9.1	9.5	14.8	21.15	15.8	0	15.1
14	14.8	13	12.9	14.7	17.3	13.6	7.9	6.8	15.5	15.9	12.1	13.6	13.2	15.1	0

Time

Prioritas Waktu Terpendek (A01)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0	0	13	16	6	11	11	20	27	5	6	21	32	24	19	33
1	13	0	5	12	19	6	15	20	16	14	13	26	16	23	28
2	16	5	0	10	18	5	13	19	15	12	12	24	15	22	27
3	6	12	10	0	8	10	21	27	11	2	20	31	22	20	34
4	11	19	18	8	0	16	27	32	15	6	24	31	23	26	33
5	11	6	5	10	16	0	18	23	16	8	15	25	17	20	28
6	20	15	13	21	27	18	0	10	22	21	10	22	12	29	17
7	27	20	19	27	32	23	10	0	28	27	12	21	14	35	16
8	5	16	15	11	15	16	22	28	0	10	24	34	26	24	36

9	6	14	12	2	6	8	21	27	10	0	21	31	22	20	35
10	21	13	12	20	24	15	10	12	24	21	0	16	7	35	26
11	32	26	24	31	31	25	22	21	34	31	16	0	17	46	24
12	24	16	15	22	23	17	12	14	26	22	7	17	0	37	29
13	19	23	22	20	26	20	29	35	24	20	35	46	37	0	38
14	33	28	27	34	33	28	17	16	36	35	26	24	29	38	0

Prioritas Jarak Terpendek (A02)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0	0	13	16	6	11	11	20	27	5	6	22	32	25	19	33
1	13	0	7	12	19	6	15	20	17	14	13	26	21	23	30
2	16	7	0	10	18	5	14	22	16	12	14	24	20	22	28
3	6	12	10	0	8	10	21	27	11	2	20	33	22	20	34
4	11	19	18	8	0	16	27	34	15	6	26	31	25	26	40
5	11	6	5	10	16	0	18	23	16	8	15	28	18	20	31
6	20	15	14	21	27	18	0	10	22	21	10	22	12	29	19
7	27	20	22	27	34	23	10	0	28	29	12	22	14	35	17
8	5	17	16	11	15	16	22	28	0	10	24	34	26	24	36
9	6	14	12	2	6	8	21	29	10	0	21	31	22	20	35
10	22	13	14	20	26	15	10	12	24	21	0	16	8	35	26
11	32	26	24	33	31	28	22	22	34	31	16	0	17	47	29
12	25	21	20	22	25	18	12	14	26	22	8	17	0	37	29
13	19	23	22	20	26	20	29	35	24	20	35	47	37	0	38
14	33	30	28	34	40	31	19	17	36	35	26	29	29	38	0

C. Lampiran Informasi Alamat Konsumen

L300

Titik	Alamat
Pool	Joyful Trans, Jalan Wonorejo Sari No.005, Kota Surabaya, Jawa Timur 60296
1	Universitas Airlangga, Kampus C, Jl. Airlangga No. 4-6, Mulyorejo, Jawa Timur 60115
2	Keputih Gang I No.8, Sukolilo, Surabaya City
3	Keputih Gang III no.21
4	Jalan Wisma Permai Tengah III Blok BB No.10, Mulyorejo, Kota Surabaya, Jawa Timur 60115
5	Masjid Blok U, IV No.48, Jalan Teknik Komputer, Sukolilo, Kota Surabaya, Jawa Timur 60111
6	Jalan Wisma Permai Barat Blok DD No.8, Mulyorejo, Kota Surabaya, Jawa Timur 60115
7	Gang 1D No.60, Sukolilo, Kota Surabaya, Jawa Timur 60111
8	Kejawen Gebang IV, Sukolilo, Kota Surabaya, Jawa Timur 60117

ELF

Titik	Alamat
Pool	Joyful Trans, Jalan Wonorejo Sari No.005, Kota Surabaya, Jawa Timur 60296
1	Jalan Rungkut Mejoyo Selatan X Blok R No.4, Rungkut, Kota Surabaya, Jawa Timur 60293
2	Metropolis Apartement, Jl. Raya Tenggilis No. 127, Jawa Timur 60294
3	Perumahan YKP Pandugo I, Jalan Pandugo, Rungkut, Jawa Timur 60297
4	Gang VIII No.8, Rungkut, Kota Surabaya, Jawa Timur 60295
5	Carrefour, Jalan Raya No.25, Rungkut, Kota Surabaya, Jawa Timur 60293
6	Jalan Ketintang Baru III No.1, Gayungan, Kota Surabaya, Jawa Timur 60231
7	Jalan Jambangan Indah IV No.52, Jambangan, Kota Surabaya, Jawa Timur 60232
8	Bluder Tania, Perumahan Pondok Nirwana Executive, JL. Wonorejo Permai Selatan VIII, No. 11 Blok CC 263, 60296
9	Jalan Penjaringan Sari No.17, Rungkut, Kota Surabaya, Jawa Timur 60297
10	Jalan Siwalankerto No.128, Wonocolo, Kota Surabaya, Jawa Timur 60234
11	Alfamart Imam Bonjol 2, Jalan Taman Pondok Jati Blok A5 No.A.5A, Taman, Sidoarjo, Jawa Timur 61257
12	Jalan Brigjen Katamso II, Waru, Sidoarjo, Jawa Timur 61256
13	Jalan Sukolilo Makmur V No.23, Sukolilo, Kota Surabaya, Jawa Timur 60111
14	Jalan Raya Dukuh Kupang Barat No.18, Dukuh Pakis, Kota Surabaya, Jawa Timur 60225

D. Lampiran Perhitungan Set Parameter

1. ELF

Set Parameter cr & T

Parameter		Replikasi	Kinerja Parameter			Solusi Terbaik 17.2			
cr	T		Fitness	wt	t	Mean fx	Gap	Bias	Waktu
0.1	100	1	20.65	51	0				
		2	21.65	55	0.0312				
		3	18.05	46	0				
		4	23.2	59	0.0312				
		5	25.4	63	0.0312				
		6	21.15	53	0				
		7	24.55	60	0				
		8	34.15	69	0				
		9	23.35	58	0				
		10	22.15	55	0	23.43	0.362209	18.05	0.00936
0.3	100	1	23.65	60	0.0312				
		2	21.7	56	0.0312				
		3	19.35	50	0				
		4	20.65	53	0.0312				
		5	24.5	62	0				
		6	23.35	59	0.0312				
		7	22.15	55	0				
		8	21.15	55	0				
		9	25.65	65	0				
		10	25	65	0	22.715	0.32064	19.35	0.01248
0.5	100	1	19.35	50	0.0312				
		2	20.2	50	0				
		3	19.75	49	0.0312				
		4	21.4	51	0.0312				
		5	18.6	49	0.0312				
		6	21.95	56	0				
		7	23.25	58	0				
		8	18.4	48	0				
		9	23.1	60	0				
		10	20.65	53	0	20.665	0.201453	18.4	0.01248
0.7	100	1	21.25	54	0.0312				

		2	22.35	56	0				
		3	18.05	46	0.0312				
		4	19.6	52	0.0312				
		5	23.9	62	0				
		6	20.6	53	0				
		7	24.4	61	0				
		8	18.05	48	0				
		9	20.1	52	0				
		10	22.25	53	0				
						21.055	0.224128	18.05	0.00936
0.9	100	1	32.4	79	0.0312				
		2	19.85	52	0.0312				
		3	20.45	53	0				
		4	20.6	52	0.0312				
		5	21.45	55	0				
		6	22.6	61	0				
		7	21.95	54	0.0312				
		8	21.95	53	0				
		9	21.5	53	0.0156				
		10	19	50	0.0312	22.175	0.289244	19	0.01716
0.1	200	1	28.9	75	0				
		2	19.15	50	0.0312				
		3	20.5	53	0.0312				
		4	31.2	80	0.0312				
		5	20.6	53	0				
		6	23.75	61	0				
		7	21.05	54	0				
		8	21.4	52	0				
		9	29.45	74	0				
		10	32.5	84	0	24.85	0.444767	19.15	0.00936
0.3	200	1	20.35	53	0.0156				
		2	21.05	53	0.0312				
		3	22.7	56	0				
		4	29.95	76	0				
		5	18.35	46	0.0312				
		6	23	57	0				
		7	22.8	60	0				
		8	26.85	68	0				
		9	23.2	60	0.0312				
		10	19.55	52	0	22.78	0.324419	18.35	0.01092

0.5	200	1	20.75	54	0.0312
		2	21.6	54	0
		3	21.9	57	0
		4	20.5	52	0.0156
		5	20.15	52	0.0312
		6	21.65	55	0
		7	24.15	61	0.0156
		8	23.45	59	0.0312
		9	21.95	53	0
		10	23.2	56	0
0.7	200	1	23.65	63	0.0312
		2	19.1	49	0.0312
		3	19.05	48	0
		4	23.25	61	0
		5	23.15	60	0.0312
		6	23.45	61	0
		7	30.5	74	0
		8	21.05	54	0
		9	22.05	57	0.0312
		10	19.6	51	0.0312
0.9	200	1	19.1	49	0
		2	20.45	54	0
		3	22.3	54	0.0312
		4	19.6	50	0
		5	21.55	55	0
		6	22.1	55	0.0156
		7	22.8	59	0
		8	20.35	53	0
		9	21.55	56	0
		10	20.35	54	0
0.1	300	1	21	54	0
		2	30.5	73	0
		3	18.4	48	0
		4	28	73	0
		5	22.75	56	0.0312
		6	25	65	0
		7	21.7	52	0
		8	22.5	57	0.0312
		9	21.8	53	0.0312

21.93 0.275 20.15 0.01248

22.485 0.307267 19.05 0.0156

21.015 0.221802 19.1 0.00468

		10	22.45	55	0	23.41	0.361047	18.4	0.00936
0.3	300	1	21.45	54	0				
		2	27.95	70	0.0312				
		3	23.55	61	0				
		4	19.7	52	0				
		5	21.7	52	0				
		6	20.35	52	0				
		7	25.2	64	0.0312				
		8	18.65	49	0				
		9	21.75	55	0				
		10	28.9	73	0	22.92	0.332558	18.65	0.00624
0.5	300	1	22.1	55	0				
		2	24.25	60	0				
		3	19.75	51	0				
		4	22.05	54	0				
		5	19.5	50	0				
		6	22.95	61	0				
		7	22.25	55	0.0156				
		8	21.15	53	0				
		9	22.85	62	0				
		10	22.3	55	0.0312	21.915	0.274128	19.5	0.00468
0.7	300	1	24.15	59	0.0312				
		2	21.55	56	0.0312				
		3	23.4	61	0				
		4	19.35	51	0				
		5	19.65	50	0.0312				
		6	23.2	58	0.0312				
		7	22.65	57	0.0312				
		8	18.4	47	0				
		9	22.4	55	0				
		10	22.35	58	0	21.71	0.262209	18.4	0.0156
0.9	300	1	22.5	57	0.0312				
		2	18.5	47	0.0312				
		3	21.5	55	0				
		4	21	54	0				
		5	20.85	52	0				
		6	19.05	50	0.0312				
		7	25.15	64	0.0312				
		8	22.3	54	0.0156				

0.1	400	9	22.9	59	0	21.535	0.252035	18.5	0.01716
		10	21.6	55	0.0312				
		1	18.55	49	0	25.395	0.476453	18.55	0.00624
		2	34.5	85	0				
		3	25.65	64	0				
		4	29	74	0				
		5	26.55	66	0				
		6	24.4	63	0				
		7	21.9	57	0.0312				
		8	24.7	62	0				
		9	29.6	75	0				
		10	19.1	50	0.0312				
0.3	400	1	20.65	52	0.0312	21.635	0.257849	18.65	0.0234
		2	20.9	52	0.0312				
		3	20.5	51	0				
		4	22.65	55	0.0312				
		5	22.85	57	0.0312				
		6	18.65	49	0.0312				
		7	23.55	61	0.0312				
		8	24.65	62	0				
		9	18.75	50	0.0156				
		10	23.2	57	0.0312				
0.5	400	1	21.15	53	0.0312	21.17	0.230814	17.7	0.0156
		2	22.8	58	0.0312				
		3	30.35	76	0				
		4	19.35	51	0				
		5	18.35	46	0				
		6	19.05	50	0				
		7	21.85	56	0.0312				
		8	22.5	60	0.0312				
		9	18.6	50	0.0312				
		10	17.7	45	0				
0.7	400	1	19.5	50	0				
		2	19.35	50	0				
		3	18.85	48	0.0312				
		4	20.85	52	0				
		5	22.35	54	0				
		6	17.85	47	0				
		7	21.65	54	0				

0.9	400	8	22.5	60	0.0312	20.475	0.190407	17.85	0.00936
		9	22.75	56	0.0312				
		10	19.1	50	0				
		1	22.3	55	0				
		2	18.55	49	0.0312				
		3	19.25	50	0.0312				
		4	18.95	49	0				
		5	22.1	54	0.0312				
		6	18.65	49	0.0312				
		7	21.35	55	0.0312				
		8	20.65	53	0	20.39	0.185465	18.55	0.01872
		9	22.6	55	0.0312				
		10	19.5	50	0				

Set Parameter Maxit & n

Parameter		Replikasi	Kinerja Parameter			Solusi Terbaik 17.2			
Maxit	n		Fitness	wt	t	Mean fx	Gap	Bias	Waktu
100	1	1	21.4	55	0.0312	22.295	0.29622093	19.45	0.01872
		2	22.55	59	0.0312				
		3	21.15	51	0.0312				
		4	23.5	59	0.0312				
		5	22.25	54	0				
		6	19.45	50	0.0312				
		7	23.9	61	0				
		8	22.1	54	0.0312				
		9	21.6	54	0				
		10	25.05	62	0				
500	1	1	19.5	50	0.078				
		2	19.3	50	0.0624				
		3	19.75	53	0.0468				
		4	17.2	44	0.0624				
		5	21.05	54	0.0312				
		6	19.05	48	0.0624				
		7	21.3	53	0.0312				
		8	19	50	0.0312				
		9	18.15	49	0.0312				

1000	1	10	18.35	47	0.0468	19.265	0.12005814	17.2	0.04836
		1	18.05	46	0.1248				
		2	18.85	48	0.078				
		3	18.85	47	0.0624				
		4	19	49	0.0624				
		5	17.2	44	0.0624				
		6	19.3	50	0.0624				
		7	19	49	0.0936				
		8	18.75	50	0.0624				
		9	17.25	44	0.0624				
1500	1	10	25.2	62	0.0312	19.145	0.1130813	17.2	0.0702
		1	18.65	49	0.0936				
		2	18	46	0.0936				
		3	18.3	48	0.0936				
		4	17.8	47	0.0936				
		5	18.65	49	0.1092				
		6	17.8	47	0.1092				
		7	18.05	48	0.1248				
		8	17.25	44	0.0936				
		9	18.9	49	0.0936				
2000	1	10	18.35	47	0.0624	18.175	0.05668604	17.25	0.09672
		1	18	46	0.1248				
		2	19	50	0.1248				
		3	18.5	48	0.1404				
		4	18.05	46	0.1248				
		5	18.05	45	0.1248				
		6	18.05	46	0.1404				
		7	18.4	47	0.1248				
		8	18.5	49	0.0312				
		9	18.05	46	0.1092				
2500	1	10	18.05	46	0.1248	18.265	0.06191860	18	0.117
		1	18.05	46	0.156				
		2	18.05	45	0.078				
		3	19.1	49	0.0936				
		4	17.75	47	0.156				
		5	18.65	48	0.156				
		6	18.35	47	0.156				
		7	21.15	53	0.0312				
		8	18.55	47	0.1716				

		9	18.35	46	0.1404	18.525	0.07703488	17.25	0.12792
		10	17.25	44	0.1404				
3000	1	1	18.3	46	0.2184	18.345	0.06656976	17.75	0.16692
		2	18.15	46	0.2028				
		3	17.8	47	0.2028				
		4	18.05	48	0.2028				
		5	19.25	50	0.1872				
		6	19.75	53	0.0312				
		7	18.05	46	0.0312				
		8	18.5	47	0.1872				
		9	17.75	47	0.2184				
		10	17.85	47	0.1872				
100	5	1	18.05	46	0.0312	20.93	0.21686046	17.8	0.00936
		2	22	56	0				
		3	20.6	53	0				
		4	21.5	55	0.0312				
		5	20.55	49	0.0156				
		6	22.85	56	0				
		7	22.9	60	0				
		8	21.9	52	0				
		9	17.8	45	0.0156				
		10	21.15	54	0				
500	5	1	20.7	52	0.0468	18.965	0.10261627	17.8	0.03276
		2	18.8	46	0.0312				
		3	18.15	46	0.0468				
		4	18.6	49	0.0312				
		5	17.8	45	0.0156				
		6	20.35	51	0.0156				
		7	19.15	50	0.0312				
		8	18.3	48	0.0312				
		9	18.35	46	0.0468				
		10	19.45	50	0.0312				
1000	5	1	18.15	48	0.0936				
		2	18.65	49	0.0624				
		3	18.65	49	0.078				
		4	18.05	48	0.078				
		5	18.6	49	0.036				
		6	19.55	52	0.0624				
		7	19.75	51	0.0624				

1500	5	8	20	53	0.0624	18.815	0.093895349	18.05	0.06912
		9	18.05	45	0.0936				
		10	18.7	47	0.0624				
		1	18.95	50	0.1248				
		2	18.65	49	0.0936				
		3	18.65	48	0.0936				
		4	19.8	53	0.1248				
		5	18.15	48	0.078				
		6	17.75	47	0.1248				
		7	17.7	45	0.0936				
2000	5	8	18.15	48	0.0936	18.615	0.082267442	17.7	0.10296
		9	18.85	47	0.0936				
		10	19.5	49	0.1092				
		1	17.8	47	0.1404				
		2	17.7	45	0.1248				
		3	18.05	46	0.1248				
		4	18.75	50	0.1248				
		5	17.75	47	0.1248				
		6	18.6	49	0.1092				
		7	18.5	47	0.1248				
2500	5	8	18.35	47	0.156	18.16	0.055813953	17.7	0.12948
		9	18.05	46	0.1248				
		10	18.05	46	0.1404				
		1	18.05	45	0.1716				
		2	18.75	48	0.1716				
		3	17.75	47	0.156				
		4	17.85	47	0.156				
		5	17.8	47	0.1872				
		6	18.2	46	0.1872				
		7	18.4	47	0.156				
3000	5	8	18.05	46	0.156	18.095	0.052034884	17.2	0.16848
		9	18.9	49	0.1872				
		10	17.2	44	0.156				
		1	17.8	45	0.1404				
		2	18.7	48	0.156				
		3	17.7	45	0.1716				
		4	18.05	45	0.156				
		5	18.55	48	0.0936				
		6	17.25	44	0.156				

		7	17.7	45	0.156	18.01	0.047093023	17.2	0.14976
		8	18.75	48	0.156				
		9	17.2	44	0.156				
		10	18.4	47	0.156				
100	10	1	21.15	53	0.0156	21.04	0.223255814	18.05	0.02028
		2	19.7	52	0.0312				
		3	19.45	50	0.0312				
		4	20.35	54	0				
		5	24.05	59	0				
		6	18.05	45	0.0312				
		7	22.95	59	0.0312				
		8	22.65	59	0.0312				
		9	19.1	50	0				
		10	22.95	58	0.0312				
500	10	1	21.15	53	0.0468	19.28	0.120930233	18.05	0.039
		2	18.6	49	0.0468				
		3	21.3	50	0.0468				
		4	18.5	47	0.0312				
		5	18.4	48	0.0468				
		6	18.5	47	0.0312				
		7	19.1	50	0.0468				
		8	19	50	0.0156				
		9	20.2	53	0.0312				
		10	18.05	46	0.0468				
1000	10	1	18.55	47	0.078	18.67	0.085465116	17.7	0.06552
		2	18.4	47	0.078				
		3	18	46	0.0624				
		4	18.55	48	0.078				
		5	20.1	52	0.0468				
		6	18.95	50	0.078				
		7	18.05	46	0.0468				
		8	20.35	51	0.0624				
		9	17.7	45	0.0624				
		10	18.05	46	0.0624				
1500	10	1	18.2	46	0.1248				
		2	18.85	48	0.078				
		3	19.3	51	0.0936				
		4	18.2	46	0.1092				
		5	18.3	47	0.0936				

		6	17.7	45	0.1092	18.49	0.075	17.7	0.09516
		7	19.05	48	0.078				
		8	18.7	48	0.078				
		9	18.05	46	0.0936				
		10	18.55	47	0.0936				
2000	10	1	17.2	44	0.1404	17.96	0.044186047	17.2	0.12012
		2	18.65	49	0.1092				
		3	18.05	46	0.1092				
		4	18	46	0.1092				
		5	17.85	47	0.1248				
		6	18.55	48	0.1092				
		7	18	46	0.1404				
		8	18.05	45	0.1404				
		9	18.05	46	0.1092				
		10	17.2	44	0.1092				
2500	10	1	18	46	0.156	18.045	0.049127907	17.2	0.15756
		2	18.65	49	0.1716				
		3	18.4	48	0.1716				
		4	17.2	44	0.1404				
		5	18.05	48	0.1716				
		6	18.05	48	0.1716				
		7	18.05	45	0.1404				
		8	17.8	47	0.1404				
		9	18.2	46	0.1404				
		10	18.05	45	0.1716				
3000	10	1	18	46	0.2028	18.16	0.055813953	17.2	0.18252
		2	18.15	46	0.2028				
		3	17.2	44	0.1716				
		4	18.4	48	0.1872				
		5	18.05	45	0.2028				
		6	18.3	48	0.1716				
		7	18.4	47	0.1716				
		8	18.05	46	0.1404				
		9	19	50	0.2028				
		10	18.05	45	0.1716				
100	15	1	21.75	55	0.0156				
		2	21.3	55	0				
		3	18.55	47	0.0312				
		4	19.7	51	0				

		5	22.5	55	0.0312	21.065	0.224709302	18.55	0.0156
		6	21.2	53	0				
		7	20.2	50	0				
		8	23.5	61	0.0156				
		9	20.55	52	0.0312				
		10	21.4	55	0.0312				
		1	19.1	50	0.0624				
		2	18.15	48	0.0468				
		3	18.05	45	0.0312				
		4	18.3	47	0.0468				
500	15	5	20.4	53	0.0312	18.635	0.083430233	17.75	0.039
		6	18.95	49	0.0312				
		7	18.6	49	0.0312				
		8	18.2	46	0.0312				
		9	18.85	49	0.0312				
		10	17.75	47	0.0468				
		1	18.7	47	0.078				
		2	18.6	49	0.0624				
		3	20.35	52	0.078				
		4	18.05	46	0.078				
1000	15	5	18.95	49	0.078	18.905	0.099127907	17.25	0.07176
		6	20.1	52	0.0624				
		7	18.8	48	0.078				
		8	17.25	44	0.078				
		9	18.7	47	0.0624				
		10	19.55	52	0.0624				
		1	18.9	49	0.1404				
		2	18.6	49	0.0936				
		3	18.15	48	0.0936				
		4	17.75	47	0.0936				
1500	15	5	18.65	49	0.1092	18.375	0.068313953	17.75	0.09984
		6	18.3	46	0.0936				
		7	18.5	47	0.0936				
		8	18.75	50	0.0936				
		9	17.85	47	0.0936				
		10	18.3	48	0.0936				
2000	15	1	18	46	0.1716				
		2	18.05	45	0.1404				
		3	17.85	47	0.1404				

		4	18.05	46	0.1092	18.035	0.048546512	17.8	0.13572
		5	18.15	48	0.1248				
		6	17.8	45	0.1404				
		7	18.3	46	0.1092				
		8	18.05	45	0.1404				
		9	18.3	46	0.1404				
		10	17.8	45	0.1404				
2500	15	1	17.2	44	0.156	18.145	0.05494186	17.2	0.1638
		2	18.05	46	0.156				
		3	18.5	47	0.156				
		4	18.05	46	0.1716				
		5	19.4	49	0.156				
		6	17.25	44	0.1716				
		7	18.35	46	0.1716				
		8	18.55	49	0.1716				
		9	18.05	48	0.156				
		10	18.05	45	0.1716				
3000	15	1	18.05	46	0.2184	17.975	0.04505814	17.25	0.2028
		2	17.8	47	0.2028				
		3	17.7	45	0.1716				
		4	17.7	45	0.2028				
		5	18.35	48	0.2184				
		6	18.8	46	0.2028				
		7	18	46	0.2028				
		8	17.8	47	0.2028				
		9	18.3	47	0.2028				
		10	17.25	44	0.2028				
100	20	1	23.35	59	0.0156	21.915	0.274127907	19.8	0.01248
		2	23.35	58	0.0156				
		3	21.5	54	0				
		4	21.7	51	0				
		5	19.8	52	0				
		6	23.65	62	0.0312				
		7	20.05	52	0.0312				
		8	22.55	54	0.0312				
		9	21.6	55	0				
		10	21.6	54	0				
500	20	1	18.85	48	0.078				
		2	18.05	45	0.0468				

		3	19.2	50	0.0312	18.655	0.084593023	17.8	0.04056
		4	18.6	49	0.0312				
		5	19.6	51	0.0156				
		6	18.55	47	0.0468				
		7	18.9	49	0.0468				
		8	18.4	47	0.0312				
		9	18.6	49	0.0468				
		10	17.8	47	0.0312				
1000	20	1	18	46	0.0936	18.27	0.062209302	17.2	0.06708
		2	19.05	50	0.0468				
		3	18.05	48	0.0624				
		4	18.2	46	0.0624				
		5	17.2	44	0.0624				
		6	18.55	48	0.0624				
		7	18.35	48	0.078				
		8	19.1	50	0.078				
		9	18.05	46	0.0624				
		10	18.15	48	0.0624				
1500	20	1	18.9	50	0.0936	18.53	0.077325581	17.8	0.09984
		2	18.5	48	0.1092				
		3	19.35	50	0.1092				
		4	18.65	49	0.1092				
		5	17.8	45	0.0936				
		6	17.85	47	0.0936				
		7	19.3	51	0.1092				
		8	18.05	48	0.1092				
		9	18.85	48	0.0936				
		10	18.05	45	0.078				
2000	20	1	18.65	48	0.156	17.955	0.043895349	17.25	0.12792
		2	18.05	46	0.1248				
		3	17.25	44	0.1404				
		4	17.8	45	0.1248				
		5	18.4	47	0.1248				
		6	17.85	47	0.1248				
		7	18.15	46	0.1248				
		8	18.15	48	0.1092				
		9	17.25	44	0.1404				
		10	18	46	0.1092				
2500	20	1	18.05	45	0.1872				

3000	20	2	18	46	0.1404	18.18	0.056976744	17.8	0.15444
		3	18.9	49	0.1404				
		4	18.55	48	0.156				
		5	18.15	48	0.1404				
		6	18.2	46	0.1716				
		7	17.8	47	0.1716				
		8	17.8	45	0.1404				
		9	18	46	0.156				
		10	18.35	46	0.1404				
	20	1	17.25	44	0.2028	17.93	0.04244186	17.25	0.18252
		2	18	46	0.1716				
		3	18.05	45	0.1716				
		4	17.75	47	0.2028				
		5	18.05	46	0.2028				
		6	18.15	46	0.1716				
		7	18.05	46	0.1716				
		8	18.5	47	0.1716				
		9	17.75	47	0.1716				
		10	17.75	47	0.1872				

Set Parameter N & P


Parameter		Replikasi	Kinerja Parameter			Solusi Terbaik 17.2			
N	P		Fitness	wt	t	Mean fx	Gap	Bias	Waktu
1	1	1	17.7	45	0.1872	17.975	0.045058	17.7	0.17784
		2	18.05	46	0.1872				
		3	17.75	47	0.1716				
		4	17.8	47	0.1716				
		5	18	46	0.1716				
		6	18	46	0.1872				
		7	18.05	46	0.1716				
		8	18.35	47	0.1872				
		9	17.75	47	0.1716				
		10	18.3	48	0.1716				
5	1	1	17.8	47	0.4056				
		2	17.7	45	0.39				
		3	17.75	47	0.39				
		4	17.25	44	0.3744				

		5	17.2	44	0.39	17.445	0.014244	17.2	0.38844
		6	17.25	44	0.3744				
		7	17.25	44	0.39				
		8	17.2	44	0.4056				
		9	17.8	45	0.3744				
		10	17.25	44	0.39				
10	1	1	17.2	44	0.6396	17.315	0.006686	17.2	0.62556
		2	17.75	47	0.624				
		3	17.7	45	0.624				
		4	17.2	44	0.624				
		5	17.25	44	0.6084				
		6	17.2	44	0.6396				
		7	17.2	44	0.624				
		8	17.2	44	0.624				
		9	17.2	44	0.6396				
		10	17.25	44	0.6084				
15	1	1	17.25	44	0.8892	17.525	0.018895	17.2	0.87048
		2	17.2	44	0.8736				
		3	17.75	47	0.858				
		4	17.8	45	0.8424				
		5	17.2	44	0.858				
		6	17.2	44	0.8892				
		7	17.8	47	0.8736				
		8	18.05	45	0.858				
		9	17.2	44	0.8736				
		10	17.8	47	0.8892				
20	1	1	17.2	44	1.1076	17.21	0.000581	17.2	1.10448
		2	17.25	44	1.092				
		3	17.2	44	1.092				
		4	17.2	44	1.092				
		5	17.2	44	1.1388				
		6	17.2	44	1.1076				
		7	17.2	44	1.1388				
		8	17.2	44	1.0764				
		9	17.2	44	1.1076				
		10	17.25	44	1.092				


2. ELF

Set Parameter cr & T


Parameter		Replikasi	Kinerja Parameter			Solusi Terbaik 68.8			
cr	T		<i>Fitness</i>	wt	t	<i>Mean fx</i>	<i>Gap</i>	<i>Bias</i>	<i>Waktu</i>
0.1	100	1	94.1	207	0	96.46	0.405098	93.15	0.01716
		2	97.2	229	0.0156				
		3	97.4	228	0.0156				
		4	94.5	217	0.0312				
		5	102.4	226	0.0312				
		6	99.1	223	0.0312				
		7	95.3	225	0.0312				
		8	93.15	224	0				
		9	93.2	212	0				
		10	98.25	235	0.0156				
0.3	100	1	97.5	239	0.0312	92.245	0.3437	82.4	0.02496
		2	88.85	209	0.0312				
		3	82.4	195	0.0156				
		4	88.35	207	0.0312				
		5	101	230	0.0156				
		6	93.6	225	0.0312				
		7	89.2	220	0.0312				
		8	94.05	220	0.0156				
		9	90.4	209	0.0156				
		10	97.1	231	0.0312				
0.5	100	1	98.7	235	0.0312	96.53	0.406118	89.75	0.02028
		2	96.1	213	0				
		3	89.75	210	0.0312				
		4	96.55	220	0.0312				
		5	98.3	226	0				
		6	97	235	0.0312				
		7	96	228	0.0156				
		8	93.4	208	0				
		9	98.7	224	0.0468				
		10	100.8	235	0.0156				
0.7	100	1	87.9	206	0.0312				
		2	90.5	217	0.0156				




		3	91.85	207	0.0156	92.26	0.343918	84	0.01404
		4	95.1	216	0				
		5	94	213	0.0156				
		6	96.05	230	0.0156				
		7	92.3	218	0				
		8	94.8	214	0.0156				
		9	96.1	231	0				
		10	84	197	0.0312				
0.9	100	1	95.6	217	0.0312	96.65	0.407866	87.35	0.01716
		2	97.85	227	0.0156				
		3	90.9	218	0.0312				
		4	97.6	214	0				
		5	87.35	208	0.0312				
		6	99	218	0				
		7	97.65	224	0.0312				
		8	105.95	233	0				
		9	96.5	221	0.0312				
		10	98.1	235	0				
0.1	200	1	93.1	218	0	94.33	0.374071	83.65	0.0156
		2	95.2	223	0.0312				
		3	95.1	206	0.0312				
		4	90.2	197	0.0312				
		5	98.4	230	0.0156				
		6	83.65	196	0				
		7	92.7	206	0.0156				
		8	98.45	219	0.0156				
		9	97.65	234	0				
		10	98.85	217	0.0156				
0.3	200	1	88.2	201	0	92.02	0.340422	82.25	0.02184
		2	89.15	201	0.0312				
		3	95.35	210	0.0312				
		4	93.6	218	0.0312				
		5	82.25	198	0.0156				
		6	88.2	211	0.0312				
		7	97.55	212	0.0312				
		8	94.15	215	0				
		9	100.65	233	0.0312				
		10	91.1	209	0.0156				
0.5	200	1	93.7	208	0.0312				




		2	89	208	0	94.74	0.380044	87.4	0.01404
		3	97.05	204	0.0156				
		4	87.4	196	0.0312				
		5	102	228	0				
		6	90.15	204	0				
		7	98.2	223	0.0156				
		8	94.15	220	0.0312				
		9	98.25	219	0.0156				
		10	97.5	227	0				
0.7	200	1	93.8	214	0	92.895	0.353168	83.9	0.00936
		2	92.1	212	0.0156				
		3	90.05	201	0				
		4	91.3	214	0.0312				
		5	95.9	211	0				
		6	83.9	182	0				
		7	99.1	236	0.0156				
		8	98.3	225	0				
		9	95.3	211	0.0156				
		10	89.2	211	0.0156				
0.9	200	1	95.45	219	0.0312	97.3	0.417334	92.15	0.01092
		2	98.55	234	0				
		3	92.15	214	0.0312				
		4	105.4	226	0				
		5	98.15	228	0.0312				
		6	96.4	218	0				
		7	98.85	236	0				
		8	92.95	203	0				
		9	100.1	227	0				
		10	95	221	0.0156				
0.1	300	1	88.8	210	0	92.559	0.348274	87.4	0.00936
		2	90.8	214	0.0312				
		3	96	225	0.0156				
		4	95.85	205	0				
		5	100.55	231	0				
		6	93.85	205	0				
		7	87.4	198	0				
		8	89	210	0.0156				
		9	92.15	199	0.0312				
		10	91.19	221	0				




0.3	300	1	94.35	217	0.0156				
		2	96.4	228	0.0156				
		3	93.55	216	0				
		4	98.05	233	0.0312				
		5	95.15	231	0.0156				
		6	95.05	220	0.0156				
		7	92	223	0				
		8	96.4	219	0				
		9	99.55	231	0				
		10	100.7	219	0.0312	96.12	0.400146	92	0.01248
0.5	300	1	100.6	216	0				
		2	90.9	213	0.0312				
		3	95.8	220	0				
		4	93.3	207	0				
		5	93.05	215	0.0312				
		6	101.1	223	0.0312				
		7	91.9	212	0.0156				
		8	94.8	236	0				
		9	100.4	239	0.0156				
		10	94.3	219	0.0312	95.615	0.39279	90.9	0.0156
0.7	300	1	97.95	206	0.0312				
		2	90.55	216	0.0312				
		3	100.05	225	0.0156				
		4	90.9	198	0.0312				
		5	86.65	207	0				
		6	94.9	219	0.0156				
		7	91.15	210	0.0312				
		8	96.7	210	0.0312				
		9	92.35	198	0.0156				
		10	93.8	208	0.0156	93.5	0.361981	86.65	0.02184
0.9	300	1	95.75	210	0.0312				
		2	88.6	204	0.0156				
		3	100	234	0				
		4	96.6	226	0				
		5	89.35	199	0				
		6	100.85	232	0.0312				
		7	95.75	223	0.0156				
		8	92.5	225	0				
		9	97.4	217	0.0156				



		10	90.6	206	0.0312	94.74	0.380044	88.6	0.01404
0.1	400	1	97.9	226	0.0156				
		2	91	205	0.0312				
		3	98.1	215	0				
		4	94.15	209	0				
		5	85.65	186	0.0312				
		6	90.05	216	0.0156				
		7	95.9	221	0				
		8	91.05	216	0.0312				
		9	91.25	214	0.0312				
		10	89.2	201	0.0156	92.425	0.346322	85.65	0.01716
0.3	400	1	91.6	213	0				
		2	90.9	210	0.0156				
		3	96.85	219	0.0312				
		4	95.2	221	0.0312				
		5	100.9	223	0.0156				
		6	108	256	0.0312				
		7	86.55	199	0				
		8	93.9	218	0.0156				
		9	92.45	220	0				
		10	87.65	203	0.0156	94.4	0.375091	86.55	0.0156
0.5	400	1	95.55	224	0				
		2	94.3	217	0				
		3	92.9	222	0.0156				
		4	87.4	208	0.0312				
		5	98.3	223	0.0312				
		6	96.7	228	0				
		7	95.5	215	0.0312				
		8	94.6	231	0.0312				
		9	97.35	222	0.0312				
		10	98.5	235	0.0156	95.11	0.385433	87.4	0.01872
0.7	400	1	95.8	231	0				
		2	96.7	200	0.0156				
		3	96	215	0.0312				
		4	90.65	212	0.0156				
		5	93.1	202	0.0156				
		6	96.7	221	0.0312				
		7	95	216	0				
		8	97.2	225	0				



		9	99.4	221	0.0156				
		10	90.6	212	0.0156	95.115	0.385506	90.6	0.01404
0.9	400	1	95.2	226	0.0156				
		2	92.8	217	0.0312				
		3	93.6	219	0				
		4	100.8	218	0.0156				
		5	98.8	224	0.0312				
		6	99.95	219	0.0156				
		7	100.4	234	0				
		8	100.3	239	0.0156				
		9	89.25	219	0.0156				
		10	96.3	223	0	96.74	0.409177	89.25	0.01404
0.1	500	1	95.25	214	0				
		2	92.55	217	0.0156				
		3	94.7	211	0.0156				
		4	89.7	211	0.0156				
		5	92.55	216	0.0312				
		6	89.6	211	0.0156				
		7	92.65	211	0.0156				
		8	99.7	231	0				
		9	91.2	217	0.0312				
		10	94.7	209	0.0312	93.26	0.358485	89.6	0.01716
0.3	500	1	94	217	0.0312				
		2	94.35	211	0				
		3	92.15	206	0				
		4	100.8	237	0				
		5	94	215	0				
		6	94.1	220	0.0156				
		7	97	211	0				
		8	93.5	217	0.0156				
		9	102.35	233	0.0312				
		10	92.8	201	0.0312	95.505	0.391187	92.15	0.01248
0.5	500	1	94.8	216	0.0312				
		2	97.1	220	0.0312				
		3	98.15	214	0.0312				
		4	92.05	217	0.0312				
		5	96.7	208	0.0156				
		6	93.2	209	0.0312				
		7	99.05	225	0.0156				



		8	85.4	198	0.0156	94.72	0.379752	85.4	0.02496
		9	91.7	216	0.0312				
		10	99.05	224	0.0156				
0.7	500	1	90.8	209	0.0312	95.465	0.390605	89.75	0.02496
		2	94.7	222	0.0156				
		3	97.95	218	0.0312				
		4	89.75	213	0.0312				
		5	96.2	224	0				
		6	99	0.0312	0.0312				
		7	96.7	236	0				
		8	90.25	212	0.0312				
		9	96.6	221	0.0312				
		10	102.7	240	0.0468				
0.9	500	1	94.65	211	0.0312	95.24	0.387327	86.8	0.01248
		2	86.8	198	0.0156				
		3	102.8	231	0.0156				
		4	97.2	205	0.0156				
		5	96.85	215	0.0156				
		6	94.95	217	0				
		7	90.75	292	0.0156				
		8	96.1	225	0				
		9	99.5	227	0				
		10	92.8	207	0.0156				
0.1	600	1	100.6	223	0.0312	95.96	0.397815	89.8	0.0156
		2	92.7	210	0				
		3	98.85	230	0.0156				
		4	99	224	0.0156				
		5	95.25	220	0.0156				
		6	97.3	235	0				
		7	96.85	218	0.0312				
		8	97.55	221	0.0156				
		9	89.8	205	0				
		10	91.7	202	0.0312				
0.3	600	1	93.5	221	0.0312				
		2	99.7	231	0				
		3	95.1	224	0				
		4	100.8	227	0.0156				
		5	92.35	215	0.0156				

		6	100.2	229	0				
		7	94.7	229	0				
		8	96.25	214	0				
		9	91.2	214	0.0156				
		10	81.95	194	0.0312	94.575	0.37764	81.95	0.01092
0.5	600	1	97	227	0.0312				
		2	99	226	0				
		3	91.05	205	0				
		4	95.15	225	0				
		5	93.9	216	0.0156				
		6	97.1	216	0.0312				
		7	96.9	223	0.0156				
		8	97.3	223	0				
		9	100.25	230	0.0156				
		10	95.5	226	0.0312	96.315	0.402986	91.05	0.01404
0.7	600	1	97.55	213	0.0312				
		2	92.1	207	0				
		3	99.7	229	0.0156				
		4	95.65	219	0.0156				
		5	99.9	234	0.0156				
		6	98.55	226	0.0156				
		7	94.3	226	0.0156				
		8	90.95	207	0.0156				
		9	94.75	207	0.0156				
		10	93.2	210	0	95.665	0.393518	90.95	0.01404
0.9	600	1	98.45	219	0.0312				
		2	90.8	207	0.0156				
		3	94.55	229	0.0156				
		4	92.9	218	0				
		5	98.6	213	0.0312				
		6	92.3	219	0				
		7	90.5	201	0.0156				
		8	92.2	214	0				
		9	93.25	205	0.0156				
		10	96.1	225	0.0156	93.965	0.368755	90.5	0.01404

Set Parameter Maxit & n

Parameter		Replikasi Fitness (Km)	Kinerja Parameter			Solusi Terbaik 68.8			
Maxit	n		Fitness	wt	t	Mean fx	Gap	Bias	Waktu
500	5	1	96.3	217	0.0468	95.565	0.39206118	84.9	0.04836
		2	98.8	227	0.0312				
		3	97.9	226	0.0468				
		4	92.5	209	0.0624				
		5	84.9	197	0.0624				
		6	97	211	0.0624				
		7	100.8	233	0.0468				
		8	89.05	203	0.0312				
		9	97.45	221	0.0624				
		10	100.95	209	0.0312				
1000	5	1	90.9	220	0.0936	91.195	0.328404953	87.3	0.07332
		2	88.9	210	0.0624				
		3	95.6	222	0.0936				
		4	92.65	221	0.0624				
		5	91.25	223	0.0624				
		6	92.75	210	0.0624				
		7	87.3	209	0.078				
		8	89	212	0.0624				
		9	89.75	212	0.0936				
		10	93.85	206	0.0624				
5000	5	1	89.65	213	0.3276	85.95	0.252002913	78.25	0.37284
		2	78.25	189	0.4056				
		3	86.2	202	0.3588				
		4	81.85	199	0.4056				
		5	87.55	206	0.3588				
		6	87.1	200	0.3588				
		7	87.5	198	0.3744				
		8	85.9	203	0.3588				
		9	85.7	204	0.3744				
		10	89.8	203	0.4056				
10000	5	1	91.75	219	0.7644				
		2	88.85	210	0.7488				
		3	89.8	201	0.7644				
		4	88.7	205	0.7176				

		5	87.6	198	0.7332	87.795	0.278878369	82.3	0.75192
		6	86.65	203	0.7488				
		7	86.55	208	0.78				
		8	87.45	218	0.7332				
		9	88.3	209	0.7956				
		10	82.3	200	0.7332				
		1	83.75	195	1.8564				
		2	84.7	186	1.8096				
		3	89.15	202	1.794				
		4	87.55	206	1.8252				
25000	5	5	81.6	195	1.7784	85.23	0.241514931	81.6	1.81584
		6	84.7	192	1.8252				
		7	83.6	201	1.8252				
		8	85.2	193	1.8096				
		9	84.65	206	1.8564				
		10	87.4	209	1.7784				
		1	83.85	197	8.7829				
		2	81.45	206	8.7673				
		3	86.8	214	6.318				
		4	82.4	186	8.7985				
50000	5	5	81.25	188	8.7517	83.435	0.215367808	81.25	8.80005
		6	83.55	197	9.0325				
		7	84.7	210	9.4849				
		8	83.4	200	9.2353				
		9	82.1	193	9.6097				
		10	84.85	190	9.2197				
		1	92.15	201	0.0468				
		2	94.55	214	0.0312				
		3	97.95	221	0.0312				
		4	88.5	207	0.0312				
500	10	5	95.6	216	0.0468	93.7	0.364894392	88.5	0.04056
		6	93.8	207	0.0312				
		7	90.55	207	0.0468				
		8	98.1	214	0.0468				
		9	94.6	213	0.0312				
		10	91.2	215	0.0624				
		1	85.7	203	0.1092				
		2	88.9	207	0.078				
		3	95.9	228	0.0624				
1000	10								

		4	96.35	224	0.0624	92.095	0.341514931	85.7	0.07176
		5	94.1	212	0.0624				
		6	90.65	207	0.078				
		7	94.55	223	0.078				
		8	92.5	221	0.0624				
		9	91.95	215	0.0624				
		10	90.35	197	0.0624				
		1	85.75	186	0.3744				
		2	88.3	206	0.3432				
		3	87.1	200	0.3744				
5000	10	4	87.6	200	0.3588	87.285	0.271449381	77.1	0.36348
		5	77.1	187	0.3744				
		6	92.5	220	0.3432				
		7	89.45	209	0.3744				
		8	91.25	215	0.3588				
		9	89.65	193	0.3588				
		10	84.15	195	0.3744				
		1	83.9	197	0.78				
		2	87	193	0.7176				
		3	86.35	210	0.7488				
10000	10	4	84	186	0.7488	86.07	0.25375091	82.6	0.72852
		5	85.55	207	0.7332				
		6	88.55	205	0.7176				
		7	85	186	0.6864				
		8	87.95	200	0.7176				
		9	82.6	192	0.702				
		10	89.8	215	0.7332				
		1	85.75	201	1.8096	82.91	0.20772032	77.45	1.8252
		2	84.35	205	1.7628				
		3	79.9	190	1.794				
25000	10	4	77.45	178	1.9032				
		5	85.4	209	1.8096				
		6	82.95	209	1.8252				
		7	83.7	198	1.8564				
		8	78.9	189	1.8408				
		9	85.15	197	1.8408				
		10	85.55	201	1.8096				
		1	82.8	203	3.7284				
		2	83.1	190	3.9624				
50000	10								

		3	74.3	179	3.822	81.9	0.193008012	74.3	3.77676
		4	81.5	182	3.7128				
		5	79.7	194	3.7284				
		6	85.45	199	3.822				
		7	82.3	199	3.5724				
		8	82.4	202	3.8376				
		9	83.15	199	3.7596				
		10	84.3	203	3.822				
500	50	1	96.15	230	0.0468	94.05	0.369992717	86	0.03276
		2	86	192	0.0468				
		3	95.8	229	0.0312				
		4	92	208	0.0468				
		5	96.7	223	0.0312				
		6	91.35	208	0.0156				
		7	93.6	224	0.0468				
		8	94.15	227	0.0312				
		9	92.55	209	0.0312				
		10	102.2	231	0				
		1	90	220	0.078	92.95	0.35396941	89.35	0.07956
		2	92.05	209	0.0624				
		3	96.35	219	0.0624				
		4	92.75	216	0.0624				
		5	94	206	0.078				
		6	92.2	211	0.078				
		7	90.75	210	0.0936				
		8	95.75	224	0.0936				
		9	96.3	230	0.0936				
		10	89.35	217	0.0936				
5000	50	1	90.7	207	0.39	86.885	0.265622724	80.3	0.35724
		2	80.3	196	0.3744				
		3	88.1	211	0.3432				
		4	82.2	205	0.3432				
		5	82.7	192	0.3744				
		6	89	215	0.3588				
		7	87.9	206	0.3432				
		8	91.65	213	0.3588				
		9	91.35	213	0.3432				
		10	84.95	205	0.3432				
10000	50	1	86.65	208	0.702				

		2	84.8	187	0.6864				
		3	82.55	193	0.7176				
		4	83.15	192	0.7488				
		5	86.4	196	0.702				
		6	88.65	208	0.7332				
		7	80.7	188	0.7332				
		8	78.1	182	0.7332				
		9	89.3	201	0.7332				
		10	89.65	214	0.7488				
						84.995	0.23809177	78.1	0.72384
25000	50	1	82.05	195	1.7472				
		2	87.45	214	1.7784				
		3	81.55	176	1.9188				
		4	86.4	199	1.872				
		5	89.8	216	1.8408				
		6	83.1	187	1.9344				
		7	85.2	189	1.7316				
		8	84.75	188	1.8564				
		9	80.5	188	1.794				
		10	86.5	202	1.7628				
50000	50	1	82.8	195	3.6348				
		2	86.1	201	3.7128				
		3	84.4	200	3.5568				
		4	85.4	195	3.744				
		5	77.25	179	3.6816				
		6	78.55	188	3.666				
		7	85.55	193	3.588				
		8	81.25	185	3.6972				
		9	76.75	182	3.6192				
		10	80.2	190	3.7284				
500	100	1	88.3	210	0.0312				
		2	98.4	229	0.0312				
		3	94.25	212	0.0624				
		4	95.6	223	0.0312				
		5	98.5	211	0.0312				
		6	100.1	236	0.0468				
		7	99.1	235	0.0468				
		8	94.75	223	0.0624				
		9	90.65	201	0.0468				
		10	89.4	208	0.0312				
						94.905	0.382447196	88.3	0.04212

1000	100	1	97.35	233	0.078	92.675	0.349963583	86.6	0.07644
		2	96.3	225	0.0624				
		3	88.4	216	0.0936				
		4	96.45	220	0.0624				
		5	92.3	210	0.0624				
		6	90.4	213	0.078				
		7	92.5	226	0.0624				
		8	97.55	221	0.0936				
		9	86.6	201	0.078				
		10	88.9	203	0.0936				
5000	100	1	90.9	213	0.39	89.24	0.299927167	79.75	0.35256
		2	90.45	205	0.2652				
		3	92.95	206	0.3276				
		4	79.75	181	0.3276				
		5	91	203	0.3744				
		6	84.45	186	0.3744				
		7	92.55	210	0.3744				
		8	87.05	201	0.3744				
		9	90.65	199	0.3588				
		10	92.65	219	0.3588				
10000	100	1	86	210	0.7488	86.03	0.253168245	80.8	0.741
		2	87.45	212	0.7488				
		3	86.5	206	0.7332				
		4	90.45	213	0.7332				
		5	88.45	193	0.7332				
		6	87.45	206	0.7332				
		7	84.05	201	0.7644				
		8	80.8	189	0.7488				
		9	85.25	206	0.7488				
		10	83.9	192	0.7176				
25000	100	1	82.8	201	1.8096				
		2	86.95	205	1.7784				
		3	83.85	210	1.7472				
		4	87.35	190	1.7784				
		5	85.05	199	1.8096				
		6	78.8	190	1.7628				
		7	81.65	185	1.7784				
		8	85.1	191	1.5444				
		9	79.45	178	1.7472				

		10	86.3	203	1.8564	83.73	0.219664967	78.8	1.76124
50000	100	1	82.25	191	3.4164				
		2	83.15	196	3.5412				
		3	79.9	185	3.5415				
		4	84.15	195	3.5568				
		5	83.45	192	3.588				
		6	79.75	194	3.588				
		7	79.8	190	3.51				
		8	84.4	190	3.6972				
		9	83.85	207	3.7128				
		10	83.1	189	3.7908	82.38	0.2	79.75	3.59427
500	250	1	92.55	206	0.0468				
		2	94.8	221	0.0468				
		3	95.7	222	0.0624				
		4	94.45	210	0.0312				
		5	97	224	0.0312				
		6	96.75	209	0.0312				
		7	95.3	220	0.0468				
		8	95.35	208	0.0468				
		9	96.7	225	0.0312				
		10	93.65	213	0.0312	95.225	0.387108521	92.55	0.04056
1000	250	1	92.3	225	0.078				
		2	91.4	212	0.0624				
		3	90.65	220	0.0936				
		4	92.35	219	0.0936				
		5	95.9	212	0.0624				
		6	94.8	213	0.0936				
		7	86.95	202	0.0624				
		8	100.2	237	0.0624				
		9	87.8	202	0.078				
		10	87.05	197	0.078	91.94	0.339257101	86.95	0.07644
5000	250	1	92.45	207	0.39				
		2	92.7	215	0.3744				
		3	84.75	201	0.3432				
		4	90.2	224	0.3588				
		5	82.55	189	0.312				
		6	92.6	217	0.3432				
		7	92.2	213	0.3588				
		8	86	201	0.3588				

		9	80.2	192	0.3588	88.605	0.290677349	80.2	0.351
		10	92.4	210	0.312				
10000	250	1	85.75	199	0.702	86.44	0.259140568	81.85	0.7098
		2	88.25	194	0.6864				
		3	89.2	208	0.6552				
		4	83.9	185	0.702				
		5	81.85	201	0.6864				
		6	86.3	191	0.6864				
		7	82.1	191	0.7644				
		8	86.95	204	0.7644				
		9	90.9	214	0.702				
		10	89.2	212	0.7488				
25000	250	1	87.65	193	1.8408	85.065	0.239111435	78.5	1.84548
		2	88	215	1.8408				
		3	83.7	201	1.8408				
		4	83.9	195	1.8564				
		5	78.5	190	1.9032				
		6	84.9	193	1.8408				
		7	84.8	196	1.794				
		8	81.5	192	1.8408				
		9	90	203	1.8876				
		10	87.7	208	1.8096				
50000	250	1	80.35	190	3.6348	80.73	0.17596504	77.9	3.627
		2	79.25	179	3.6816				
		3	80.85	197	3.4788				
		4	85	204	3.6036				
		5	80.7	199	3.6036				
		6	79.25	180	3.744				
		7	79.7	192	3.5256				
		8	79.2	176	3.822				
		9	77.9	191	3.4632				
		10	85.1	188	3.7128				
500	500	1	88.4	212	0.0468				
		2	89.5	223	0.0624				
		3	93.65	207	0.0312				
		4	94.15	209	0.0312				
		5	97.25	223	0.0312				
		6	97.7	216	0.0312				
		7	96.45	223	0.0468				

1000	500	8	96.8	226	0.0312	94.32	0.37392571	88.4	0.04056
		9	98.1	229	0.0468				
		10	91.2	219	0.0468				
		1	98.55	224	0.1092				
		2	87.5	212	0.0936				
		3	89.6	209	0.078				
		4	86.1	204	0.0624				
		5	88.8	209	0.0624				
		6	92.95	213	0.0624				
		7	90.55	214	0.0624				
5000	500	8	87.75	208	0.0624	91.395	0.331318281	86.1	0.07644
		9	96.85	200	0.078				
		10	95.3	212	0.0936				
		1	86.9	199	0.3744				
		2	88.2	197	0.3744				
		3	80.45	181	0.3588				
		4	87.8	205	0.3588				
		5	83.9	180	0.39				
		6	91.8	217	0.3744				
		7	83.7	196	0.3588				
10000	500	8	91.4	221	0.3744	87.17	0.269774217	80.45	0.36816
		9	90.2	214	0.3744				
		10	87.35	207	0.3432				
		1	87.9	209	0.7332				
		2	85.5	201	0.7488				
		3	92.1	228	0.7332				
		4	85.55	189	0.7332				
		5	85.9	205	0.7332				
		6	86.6	203	0.7332				
		7	88.4	212	0.7332				
25000	500	8	84.85	192	0.6864	87.57	0.275600874	84.85	0.72072
		9	89.2	198	0.7176				
		10	89.7	205	0.6552				
		1	86.95	202	1.8564				
		2	84.8	205	1.8564				
		3	82.15	192	1.6692				
		4	72.65	178	1.794				
		5	84.25	197	1.872				
		6	83.8	190	1.7628				

		7	83.85	200	1.7628	83.81	0.220830299	72.65	1.80336
		8	88.95	197	1.8252				
		9	85.4	207	1.8408				
		10	85.3	209	1.794				
50000	500	1	81.2	188	3.4476	82.31	0.198980335	76.45	3.5568
		2	84.5	199	3.5568				
		3	86.9	202	3.5724				
		4	83.7	190	3.7284				
		5	84.65	201	3.5724				
		6	80.55	186	3.666				
		7	81.3	182	3.5568				
		8	82.6	194	3.6816				
		9	76.45	179	3.4008				
		10	81.25	182	3.3852				
500	1000	1	97.7	221	0.0312	94.94	0.382957028	89.75	0.039
		2	94.8	217	0.0312				
		3	94.75	224	0.0468				
		4	94.5	211	0.0468				
		5	100.1	229	0.0312				
		6	96.65	219	0.0624				
		7	90.7	211	0.0156				
		8	99.35	235	0.0468				
		9	89.75	203	0.0468				
		10	91.1	219	0.0312				
1000	1000	1	90.15	210	0.0936	91.175	0.32811362	84.2	0.078
		2	97.05	215	0.0936				
		3	86.35	188	0.0624				
		4	92.8	213	0.078				
		5	97.4	225	0.0936				
		6	87.05	216	0.0624				
		7	90.75	206	0.078				
		8	94.2	221	0.0624				
		9	84.2	188	0.0624				
		10	91.8	218	0.0936				
5000	1000	1	79.8	187	0.3744				
		2	86.95	206	0.3744				
		3	89.1	205	0.3588				
		4	88.4	207	0.3432				
		5	87.95	207	0.3588				

		6	87.7	211	0.3588	86.5	0.260014567	79.8	0.35412
		7	84.5	200	0.3432				
		8	88.2	211	0.3432				
		9	86.9	207	0.3432				
		10	85.5	200	0.3432				
10000	1000	1	87.8	207	0.7644	85.965	0.252221413	80.9	0.72852
		2	86.3	204	0.7176				
		3	91.3	222	0.7332				
		4	80.9	198	0.6708				
		5	85.05	199	0.7176				
		6	83.15	197	0.7644				
		7	85.9	210	0.7332				
		8	85.05	212	0.6864				
		9	86.2	199	0.7488				
		10	88	205	0.7488				
25000	1000	1	82.1	195	1.8876	84.51	0.231026948	81.25	1.84392
		2	81.25	195	1.7628				
		3	84.85	206	1.8876				
		4	82.4	198	1.8096				
		5	84.25	197	1.7784				
		6	86.35	200	1.8564				
		7	86.5	214	1.872				
		8	82.7	183	1.9032				
		9	86.9	207	1.8096				
		10	87.8	198	1.872				
50000	1000	1	83.35	204	3.588	81.68	0.18980335	76.8	3.60828
		2	83.4	194	3.9624				
		3	76.8	180	3.5568				
		4	77.55	179	3.6036				
		5	82.3	192	3.5724				
		6	80.8	191	3.6816				
		7	85.55	199	3.354				
		8	83.9	201	3.5568				
		9	79	190	3.588				
		10	84.15	199	3.6192				

Set Parameter N & P

Parameter		Replikasi	Kinerja Parameter			Solusi Terbaik 68.8			
N	P		Fitness	wt	t	Mean fx	Gap	Bias	Waktu
5	1	1	79.8	189	19.9057	80.01	0.165477	78	20.01802
		2	82.25	191	19.9993				
		3	81.25	202	20.1085				
		4	78.95	192	20.0305				
		5	81.6	202	20.2645				
		6	79	185	19.7965				
		7	78.85	190	20.0305				
		8	78	189	20.1553				
		9	79.45	189	19.7497				
		10	80.95	194	20.1397				
10	1	1	77.45	186	32.1674	77.445	0.128114	71.65	32.48096
		2	80.85	180	32.2922				
		3	75.9	181	32.261				
		4	80.15	194	32.7914				
		5	76.3	177	32.5418				
		6	71.65	176	32.4482				
		7	79.5	194	32.4638				
		8	77.4	171	32.7134				
		9	78.55	182	32.495				
		10	76.7	186	32.6354				
25	1	1	78.05	191	69.7636	78.255	0.139913	75.15	69.32214
		2	75.15	170	70.2473				
		3	79.75	190	69.4516				
		4	79.85	192	69.514				
		5	78.15	180	68.6872				
		6	78.65	192	69.6856				
		7	78.65	185	70.3721				
		8	76.8	197	68.9056				
		9	77.9	181	67.5172				
		10	79.6	191	69.0772				
50	1	1	80.4	191	129.4964				
		2	75.65	181	132.7881				
		3	78.35	185	132.6321				

		4	74.45	178	131.8364	76.85	0.119446	71.15	96.58646
		5	76.25	184	136.2513				
		6	76.75	183	96.4086				
		7	71.15	174	50.0451				
		8	79.05	185	49.2807				
		9	80	181	52.5099				
		10	76.45	190	54.616				
		1	79.95	186	7.2696				
		2	81.1	199	7.1604				
		3	75.55	185	7.3944				
5	250	4	80.3	192	7.2228	78.61	0.145084	73.4	7.31796
		5	73.4	177	7.3476				
		6	78.15	182	7.1292				
		7	82.8	194	7.5192				
		8	79.25	186	7.41				
		9	78.4	179	7.3944				
		10	77.2	183	7.332				
		1	80.45	201	11.9497				
		2	80	186	11.8717				
		3	77.5	183	11.9653				
10	250	4	78.05	174	12.0277	78.27	0.140131	75.7	11.95906
		5	75.7	181	12.3397				
		6	77.7	191	11.5597				
		7	77.55	183	12.1681				
		8	78.95	191	11.9029				
		9	80.25	190	11.9341				
		10	76.55	190	11.8717				
		1	78.3	195	25.3658				
		2	80.7	187	25.5374				
		3	80.05	198	25.709				
25	250	4	76.6	183	25.4594	78.375	0.141661	75.6	25.43444
		5	79.45	188	25.4126				
		6	79.5	191	25.1318				
		7	77.85	176	25.6622				
		8	78.9	187	25.241				
		9	75.6	186	25.4126				
		10	76.8	188	25.4126				
		1	77.45	188	47.5491				
		2	76.9	184	48.4383				
50	250								

		2	78.9	190	49.2027				
		3	76.8	191	48.8439				
		4	77.5	185	48.7659				
		5	77.35	179	49.5459				
		6	77.3	183	48.3759				
		7	76.8	189	48.7035				
		8	78.7	185	48.8595				
		9	77.4	187	48.6879				
		10	78.35	185	49.1715				
		5	1000	1	82.8				
2	76.05			169	7.7064				
3	81.95			190	7.6284				
4	78.55			183	7.5816				
5	80.95			181	7.6128				
6	78.2			188	7.2852				
7	75.75			184	7.2852				
8	82.35			200	7.488				
9	82.8			185	7.488				
10	77.75			182	7.566				
		1	79.5	184	12.1369				
		2	79.65	188	12.2617				
		3	82.05	190	12.1837				
		4	79.2	201	11.7937				
		5	78.55	184	11.9965				
		6	77.9	182	11.9965				
		7	79.95	192	12.1213				
		8	79.05	177	12.3865				
		9	78.95	190	12.3865				
		10	75.7	172	12.3085				
10	1000	1	79.5	184	12.1369				
		2	79.65	188	12.2617				
		3	82.05	190	12.1837				
		4	79.2	201	11.7937				
		5	78.55	184	11.9965				
		6	77.9	182	11.9965				
		7	79.95	192	12.1213				
		8	79.05	177	12.3865				
		9	78.95	190	12.3865				
		10	75.7	172	12.3085				
		1	79.65	192	25.2254				
		2	75.3	182	25.9586				
		3	79.5	188	25.9586				
		4	79.05	188	25.709				
		5	79.8	192	26.3642				
		6	80.2	186	25.6934				
		7	74.6	183	26.1614				
		8	78.55	183	26.177				
		9	76.35	174	25.7558				
		10	76.55	179	26.021				
		1	79.65	192	25.2254				
		2	75.3	182	25.9586				
		3	79.5	188	25.9586				
		4	79.05	188	25.709				
		5	79.8	192	26.3642				
		6	80.2	186	25.6934				
		7	74.6	183	26.1614				
		8	78.55	183	26.177				
		9	76.35	174	25.7558				
		10	76.55	179	26.021				
		1	79.65	192	25.2254				
		2	75.3	182	25.9586				
		3	79.5	188	25.9586				

50	1000	1	76.35	177	49.2495			
		2	78.65	193	49.4991			
		3	76	187	48.2511			
		4	79	198	48.0327			
		5	77.05	179	47.4399			
		6	79.85	186	48.3447			
		7	80.7	194	48.7347			
		8	75.65	181	47.9859			
		9	74.95	186	48.8283			
		10	79.65	193	49.9359			
					77.785	0.133066	74.95	48.63018

BIODATA PENULIS



Penulis bernama DANU YUDHI PRASONO yang kerab dipanggil DANU berasal dari kota Bekasi. Dilahirkan sebagai anak pertama dari 3 bersaudara di Semarang, tanggal 24 Juli 1991 (Rabu Pon). Penulis memiliki riwayat pendidikan di TK Aisyiyah Bekasi (1995-1996), SDN Harapan Jaya IX Bekasi (1996-2002), SMPN 25 Bekasi (2002-2005), SMAN 4 Bekasi (2005-2008), kemudian melanjutkan ke jenjang S1 Teknik Industri di Universitas Sebelas Maret Surakarta (2008-2013) dan mengambil studi S2 bidang *Supply Chain Management* di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (2013-2015).

Selama menumpuh pendidikan S1, penulis mengikuti serangkaian kegiatan organisasi internal. Penulis pernah menjadi staf departemen Minat dan Bakat HMTI UNS dan menjadi asisten di Laboratorium Perencanaan dan Perancangan Produk (P3) pada tahun 2010 sampai dengan tahun 2012. Penulis pernah mengikuti kerja praktek di PT. BRIDGESTONE TIRE INDONESIA selama sebulan. Penulis memiliki pengalaman dalam partisipasi Program Kreativitas Mahasiswa dalam kategori penelitian teknologi sebagai Ketua Pelaksana yang diselenggarakan oleh pihak DIKTI pada tahun 2011. **Pada saat menempuh pendidikan S2**, penulis kurang aktif dalam mengikuti kegiatan organisasi. Penulis melakukan penelitian mengenai algoritma metaheuristik yaitu *hybrid* algoritma yang menghasilkan algoritma baru untuk bidang keilmuan dengan penyelesaian permasalahan *vehicle routing problem* yang dijadikan sebagai topik tesis. Beberapa kegiatan atau kesukaan penulis adalah futsal, seni, dan *gym*. Penulis dapat dihubungi melalui email danu.yudhi.prasono@gmail.com atau danu13@mhs.ie.its.ac.id. Motto kesukaan penulis adalah “Be better than average”.

“Jika anda memiliki satu peluru yang tersisa maka asahlah setiap saat agar peluru tersebut mampu memberikan luka yang dalam walau tidak tepat mengenai sasaran di tengah”